



Universidad
Carlos III de Madrid

Departamento de Teoría de la Señal y Comunicación

-PROYECTO FIN DE CARRERA-

Producción musical y grabación en un sistema DAW

Autor: Alejandro Turrión Pérez

Tutor: Eduardo Martínez Enríquez

Leganés, Febrero 2013

Título: Producción musical y grabación en un sistemas DAW

Autor: Alejandro Turrión Pérez

Tutor: Eduardo Martínez Enríquez

EL TRIBUNAL

Presidente: Luis Azpicueta Ruiz

Vocal: Elena Bernardo Quejido

Secretario: Manuel De Frutos López

Realizado el acto de defensa y lectura del Proyecto Fin de Carrera el día 1 de Febrero de 2013 en Leganés, en la Escuela Politécnica Superior de la Universidad Carlos III de Madrid.

VOCAL

SECRETARIO

PRESIDENTE

Resumen

El presente documento trata sobre los elementos que influyen en la grabación de una banda de música en cuanto a ingeniería se refiere. Para ello, se han tenido en cuenta los múltiples factores que afectan a una grabación de audio. Además, se explica como tratar dicho audio antes y después de grabar con el fin de mejorar la calidad sonora del resultado final, obteniendo lo que se denomina una **Producción Musical**.

Se pueden usar diversos sistemas para realizar una producción musical, pero el utilizado en este proyecto es un sistema **DAW** (*Digital Audio Workstation*). Un DAW es un sistema electrónico utilizado para grabar y editar audio digital, y está formado principalmente por tres elementos: un *software* especializado en edición de audio (Secuenciador), un ordenador que controla este *software* y una interfaz de audio digital, comúnmente denominada “tarjeta de sonido”, que recoge y digitaliza las señales de audio para poder trabajar con ellas en el dominio digital haciendo uso del *software* específico. Aunque se necesitan más elementos o equipos para poder abordar una producción musical, son estos tres los más importantes y los que definen el sistema.

En este proyecto se explican los tres procesos más importantes dentro de una producción musical: la **grabación**, la **mezcla** y la **masterización**. Se ha definido el sistema DAW utilizado, el equipo e infraestructura del que se ha dispuesto y las condiciones existentes durante esta producción. En base a todo ello, se han explicado detalladamente los métodos y procesos realizados con el objeto de obtener un producto sonoro de calidad y estandarizado para su difusión.

Se ha intentado reflejar en todo momento la información de manera que un lector interesado en realizar una producción musical pueda utilizar este documento como si fuera un manual, ya que en él pueden encontrar diferentes datos, ejemplos, técnicas, bibliografía, etc. y, en función de su sistema e infraestructura, pueda razonar qué opción tomar para obtener un resultado mejor.

Abstract

The present document speaks, from an engineering point of view, about the different elements that take part in the recording of a music band. For this, it has been taken into account the multiples factors that affect an audio recording, and besides, it explains how to deal with this audio before and after the recording in order to improve the sound quality of the final product, reaching like this a Music Production.

Different systems can be used to make a music production, but the one that has been used in this project is the one called DAW (*Digital Audio Workstation*) system. A DAW is an electronic system used for recording and editing digital audio. It is mainly composed by three different elements: software specialized in audio edition (Sequencer), a computer that controls this software, and an audio digital interface, commonly called sound card, that collects and digitalizes the audio signals to work with them in a digital environment making use of the specific software. Although more elements and equipments are needed to deal with a music production, these are the three most important features and the ones that define the system.

In this project the three most important processes in a music production have been explained: recording, mixing and masterization. The DAW system used, the equipment and infrastructure available and the existing conditions during the production have been defined. According to this, a detailed explanation about the process and the methods used have been given with the aim of getting a good quality and standarized sound product for its diffusion.

I have tried to show the information in a way that if a person who is interested in the matter wants to make a music production, would be able to use this document as if it was a handbook, as he can find different examples, techniques, bibliography, etc, and depending on his system and infrastructure, he can decide which option is the best in order to obtain a better result.

ÍNDICE

0. Introducción.....17

0.1 Objetivos..... 19

0.2 Organización..... 19

Primera Parte: Introducción y fundamentos teóricos21

1. Evolución del registro sonoro y de las grabaciones musicales25

1.1 Evolución del registro sonoro..... 27

1.2 Evolución de las grabaciones musicales..... 28

2. Introducción a la producción musical.....33

2.1 La Grabación 37

2.2 La Mezcla 39

2.3 La Masterización 40

3. Fundamentos Teóricos43

3.1 Fuentes de Sonido..... 45

3.2 Micrófonos 46

3.2.1 Clasificación y Tipos 46

3.2.2 Técnicas de Microfoneo 47

3.3 Sala de Grabación..... 48

3.4 Preamplificador 50

3.4.1 El Ruido..... 51

3.4.2 Amplificación óptima y saturación..... 51

3.5 El convertor A/D y D/A 52

3.6 La Sala de Mezcla..... 52

3.6.1 Tipos de salas de mezcla..... 53

3.7 Monitores de Referencia (Altavoces) 55

3.8 Procesadores de Frecuencia..... 59

3.9 Procesadores de Dinámica..... 63

3.9.1 Tipos de procesadores de dinámica 64

3.9.1.1 Compresor 64

3.9.1.2 La Puerta de Ruido 67

3.9.1.3 El expansor 68

3.9.1.4 El De-esser..... 69

3.10 Procesadores de Efectos 70

3.10.1 La Reverb 70

3.10.2 Delay: unidades de retardo 72

3.10.3 Efectos de Modulación 72

3.10.4 Otros efectos 73

3.11 El Sumador 74

3.12 El Máster 77

3.12.1 La Sala de Masterización.....	78
3.12.2 Monitores de referencia	79
3.12.3 Conversor A/D y D/A	80
3.12.4 Procesadores de dinámica.....	80
3.12.5 Controles visuales de medida	82
3.12.6 Conclusiones.....	82
Segunda Parte: Caso Práctico	85
4. Introducción.....	87
4.1 El Grupo	90
4.2 Resumen de Procesos	91
5. El Secuenciador	93
5.1 ¿Qué es y para qué sirve?	95
5.2 Tecnología VST.....	97
5.3 Drivers ASIO.....	98
6. El Proceso de Grabación.....	101
6.1 Sala de Grabación.....	103
6.2 Equipo utilizado.....	105
6.2.1 Backstage (instrumentos y amplificadores).....	105
6.2.2 Microfonía	108
6.2.3 Sistema DAW	111
6.2.4 Monitores de Referencia (Sistema de Altavoces).....	112
6.3 La Grabación	115
6.3.1 Puesta a Punto.....	115
6.3.2 Distribución de la grabación.....	116
6.3.3 Toma de señal (técnicas microfónicas).....	117
6.3.3.1 La Batería	117
6.3.3.2 El Bajo	120
6.3.3.3 La Guitarra.....	122
6.3.3.4 La Voz	124
7. El Proceso de Mezcla.....	127
7.1 El Proceso de Edición.....	129
7.2 El proceso de Mezcla.....	131
7.2.1 Metodología aplicada en este proyecto	132
7.2.2 Procesado individual.....	133
7.2.2.1 Bombo - AKG D112	133
7.2.2.2 Bombo - AKG C 518 M	134
7.2.2.3 Caja - Shure SM 57	136
7.2.2.4 Caja Bordón - AKG C 518 M.....	137
7.2.2.5 Hi-Hat - AKG Perception 150.....	138
7.2.2.6 Tom Base - AKG C 518 M.....	139
7.2.2.7 Tom Base - Shure SM 57	139
7.2.2.8 Over Head L - AKG C 1000 S	140
7.2.2.9 Over Head R - AKG C 1000 S	141
7.2.2.10 Bajo.....	142
7.2.2.11 Guitarras	143

7.2.2.12 Voz 1 - sE 2200 A	144
7.2.2.13 Resto de Voces - sE 2200 A	145
7.2.3 Procesado en Grupos	147
7.2.3.1 Grupo Batería	148
7.2.3.2 Grupo Bajo	149
7.2.3.3 Grupo Guitarra.....	150
7.2.3.4 Grupo Guitarra Puente.....	151
7.2.3.5 Grupo Voces	152
7.2.4 Efectos	153
7.2.4.1 Reverberación - Altiverb 5	154
7.2.4.2 Reverberación – RVerb	156
7.2.4.3 Compresión Paralela - API-2500 + Stereo Enhancer	156
7.2.4.4 Delay.....	157
7.2.4.5 Flanger.....	158
7.2.4.6 Distorsión - Amplitube2 + apEQ.....	158
7.3 El Proceso de Automatización.....	160
7.4 Exportar la Mezcla.....	161
8. El Proceso de Masterización.....	163
8.1 Preparar el Proyecto.....	165
8.2 Procesado de la mezcla.....	166
8.3 Proceso de edición	168
8.4 Exportar el Máster	168
9. Conclusiones	171
9.1 Resumen	173
9.2 Conclusiones.....	173
9.2.1 Conclusiones del caso práctico.....	173
9.2.1 Conclusiones del sistema DAW	175

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1: Proceso de producción musical.....	35
Figura 2.2: Soporte de cinta magnética	37
Figura 3.3: Auriculares Circumaurales (cerrados)	57
Figura 3.4: Estudio de Masterización Mastering Mansion Madrid	58
Figura 3.5: Enmascaramiento no simultáneo	59
Figura 3.6: Enmascaramiento simultáneo: umbral producido por ruido de banda ancha	60
Figura 3.7: Esquema general de un procesador de dinámica. Figura extraída de [24]...	63
Figura 3.8: Diagrama entrada-salida compresor de ganancia constante. Figura extraída de [24].....	65
Figura 3.9: Diagrama entrada-salida compresor limitador. Figura extraída de [24].	66
Figura 3.10: Diagrama entrada-salida puerta de ruido. Figura extraída de [24].	67
Figura 3.11: Diagrama de tiempos que afectan a un procesador de dinámica. Figura extraída de [32].....	68
Figura 3.12: Diagrama entrada-salida expansor de ganancia constante. Figura extraída de [24].....	69
Figura 3.13: Gráfico de sonido directo, primeras reflexiones y reverberación en función del tiempo	70
Figura 3.14: Sala de Masterización	79
Figura 5.1: Aspecto general del secuenciador Cubase 5	96
Figura 5.2: Clip de Audio	96
Figura 5.3: Mezclador de Cubase 5	97
Figura 6.1: Bajo Washburn.....	105
Figura 6.2: Amplificador de bajo Ashdown	105
Figura 6.3: Altavoces Bajo 4x12” Ashdown	106
Figura 6.4: Guitarra LEMS.....	106
Figura 6.5: Amplificador de Guitarra Orange	107
Figura 6.6: Altavoces Guitarra 2x12” Orange.....	107
Figura 6.7: Micrófono AKG D112	108
Figura 6.8: Micrófono Shure SM 57	108
Figura 6.9: Micrófono AKG C 518 M.....	109
Figura 6.10: Micrófono AKG C 1000 S	109
Figura 6.11: Micrófono AKG Perception 150.....	110
Figura 6.12: Micrófono sE 2200a.....	110
Figura 6.13: Ordenador Dell Inspiron 1720	111
Figura 6.14: Tarjeta de Sonido MOTU 828mkII.....	111
Figura 6.15: Preamplificadores de micrófono Focusrite Octopre LE	112
Figura 6.16: Secuenciador Cubase 5	112
Figura 6.17: Auriculares AKG K240 studio.....	112
Figura 6.18: Auriculares Behringer HPS 3000.....	113
Figura 6.19: Amplificador de auriculares Behringer HA400.....	113
Figura 6.20 Sistema completo de Altavoces t.amp y the box.....	114
Figura 6.21: Mezclador Behringer Xenys 1202 FX	114

Figura 6.22: AKG D112 dentro del bombo y AKG C 518 M fuera, cerca del golpeo de la maza.....	117
Figura 6.23: Shure SM 57 apuntando al centro del <i>tom</i> base y AKG C 518 M apuntando al borde	118
Figura 6.24: Shure SM 57 en la caja	118
Figura 6.25: AKG C 518 M tapado para quitar presión del diafragma en el Bordón ..	118
Figura 6.26: AKG Perception 150 para el <i>hi-hat</i>	119
Figura 6.27: <i>Over Head</i> creado con dos AKG C 1000 S	119
Figura 6.28: Detalle <i>Over Head</i> izquierdo y derecho.....	120
Figura 6.29: AKG D112 inferior izquierda y Shure SM 57 superior derecha.....	121
Figura 6.30: Detalle colocación micrófonos altavoces de bajo	121
Figura 6.31: Grabación de guitarra con par coincidente de dos Shure SM 57	123
Figura 6.32: Pedales guitarra (de arriba abajo): selector de canal del amplificador, delay, afinador.....	123
Figura 6.33: Micrófono sE 2200a y <i>antipop</i> para grabación de voz	124
Figura 7.1: Edición de ganancia en clips de audio	130
Figura 7.2: Edición de <i>fades</i> en clips de audio	130
Figura 7.3: Corte de clip con y sin clic digital.....	131
Figura 7.4: Procesado de la pista de Bombo grabada con micrófono AKG D112.....	134
Figura 7.5: Procesado de la pista de Bombo grabada con micrófono AKG C 518 M .	135
Figura 7.6: Procesado de la pista de Caja grabada con micrófono Shure SM 57.....	136
Figura 7.7: Procesado de la pista de Bordón grabada con micrófono AKG C 518 M .	137
Figura 7.8: Procesado de la pista de Hi-Hat grabada con micrófono AKG Perception 150	138
Figura 7.9: Procesado de la pista de Tom Base grabada con micrófono AKG C 518 M	139
Figura 7.10: Procesado de la pista de Bordón grabada con micrófono Shure SM 57..	140
Figura 7.11: Procesado de la pista <i>Over Head L</i> grabada con micrófono AKG C 1000 S	141
Figura 7.12: Procesado de la pista <i>Over Head R</i> grabada con micrófono AKG C 1000 S	142
Figura 7.13: Procesado de las tres pistas de Bajo usadas (previo <i>Ashdown</i> , Shure SM 57 y Shure D112).....	143
Figura 7.14: Procesado individual de las pistas de Guitarra.....	144
Figura 7.15: Procesado de la pista de Voz grabado con micrófono sE 2200A	144
Figura 7.16: Procesado de la pista del resto de Voces grabadas con micrófono sE 2200A	146
Figura 7.17: Diagrama de buses de un proyecto multipista con grupos.....	147
Figura 7.18: Procesado del grupo de pistas de Batería.....	149
Figura 7.19: Procesado del grupo de pistas de Bajo.....	150
Figura 7.20: Procesado del grupo de pistas de Guitarra.....	151
Figura 7.21: Procesado del segundo grupo de pistas de Guitarra.....	152
Figura 7.22: Procesado del grupo de pistas de Voz.....	152
Figura 7.23: Diagrama de buses de un proyecto multipista con grupos y envío a efectos	153
Figura 7.24: Procesador de efectos Altiverb 5 de Audio Ease – reverberación por convolución	155
Figura 7.25: Procesador de efectos RVerb de Waves – reverberación algorítmica	156

Figura 7.26: Compresión paralela y más estéreo con API-2500 (Waves) y Stere Enhancer (Cubase).....	157
Figura 7.27: Procesador de retardo MonoDelay de Cubase	158
Figura 7.28: Procesador de retardo Flanger de Cubase	158
Figura 7.29: Procesador de distorsión Amplitube 2 y ecualizador apEQ.....	159
Figura 7.30: Ejemplo de automatización en Cubase	161
 Figura 8.1: Archivo de audio estéreo correspondiente a la mezcla final.....	 166
Figura 8.2: Procesadores utilizados en el Proceso de Masterización	166

0. Introducción

0.1 Objetivos

Este presente proyecto tiene como objetivo ayudar a que cualquier persona con cierta capacidad técnica y curiosidad, pueda conocer y entender la mayoría de los elementos actores presentes en una producción musical.

Se ha intentado ser muy descriptivo en cada apartado del proyecto con el fin de que el lector entienda la necesidad y la importancia de cada elemento o procedimiento involucrado en el proceso, así como su lugar dentro del mismo. Son muchos los conceptos que se presentan a lo largo del documento. Esto es debido a que en una producción musical están involucrados muchos factores y equipos, lo que requiere tener conocimiento de todos ellos para conseguir el resultado deseado. No se ha buscado profundizar excesivamente en ningún equipo o procedimiento concreto, ya que cada uno de ellos podría ser objeto de un proyecto propio. Más bien se ha buscado presentar de manera global en qué consisten las producciones musicales y toda la ingeniería que llevan detrás.

Con este proyecto se intenta también demostrar como, con un equipo modesto y los conocimientos adecuados, es posible realizar un proyecto sonoro de resultado satisfactorio, gracias al potencial que se puede obtener de los sistemas DAW existentes hoy en día.

0.2 Organización

Este documento está dividido en dos partes bien diferenciadas: la **Introducción y descripción de los fundamentos teóricos** y el **Caso Práctico**. A su vez, cada una de estas partes está dividida en diferentes capítulos.

Primera Parte: Introducción y fundamentos teóricos (3 capítulos)

El primer capítulo, **Evolución del registro sonoro y de las grabaciones musicales**, nos sitúa históricamente en el contexto actual en el que se encuentran las producciones musicales y es el punto de partida para la realización de este proyecto.

El segundo capítulo es de gran importancia. Se titula **Introducción a la producción musical** y en él se describe de manera global y concisa los tres grandes procesos de una producción musical: Grabación, Mezcla y Masterización. Para ello se apoya en la figura 2.1 (también de gran importancia y anexa a este documento para su mejor visualización), donde se puede ver el flujo de trabajos, procesos y elementos que se utilizan y afectan a las producciones musicales.

Por último y para finalizar esta primera parte, tenemos el capítulo 3, **Fundamentos Teóricos**. Es el más extenso, dado que en él se describen la mayoría de los elementos involucrados en una producción musical, los cuales aparecen en la figura 2.1 antes mencionada.

Segunda Parte: Caso Práctico (6 capítulos)

Cómo indica el título, en esta segunda parte se documenta un caso práctico de una producción musical. Esta producción musical consiste en la grabación y producción de una banda musical formada en su mayoría por antiguos alumnos de la Universidad Carlos III de Madrid.

El capítulo 4 consiste en una **Introducción** del caso práctico. Se presenta la banda de música objeto de este proyecto y los procesos que se realizaron a lo largo de toda la producción, así como las fechas y duraciones de las jornadas de trabajo.

El capítulo 5 trata sobre uno de los elementos más importantes de un sistema DAW, el **Secuenciador**. Aunque es mencionado constantemente a lo largo de todo este documento, no se ha querido profundizar mucho en este elemento por su complejidad y porque él sólo podría ser estudiado en un proyecto propio. Tampoco se ha incluido en ningún lugar dentro de la línea de procesos existentes en una producción musical porque está presente a lo largo de toda esta línea: el secuenciador se usa en todos y cada uno de los procesos de Grabación, Mezcla y Masterización. Pero sí se ha querido dedicar un capítulo dentro del caso práctico para situar al lector y hacerle entender cómo se realizan los procesos, y cómo interactúa el secuenciador dentro de una producción, además de definir ciertos términos y conceptos básicos que se utilizan cuando se trabaja en un entorno DAW.

El capítulo 6 describe el **Proceso de Grabación** llevado a cabo. Se indica la sala y equipos utilizados, la preparación realizada, la distribución del proceso, las técnicas utilizadas, problemas surgidos, etc.

El capítulo 7 describe el **Proceso de Mezcla** realizado. Se introduce el concepto de “Edición” y se muestran los procesos aplicados a los archivos de audio grabados. También se indican los parámetros asignados a los procesadores utilizados. Se introduce el concepto de “Automatización” y se describen las características a tener en cuenta para exportar el audio obtenido durante este proceso correctamente.

El capítulo 8 describe el último proceso realizado en este caso práctico, el **Proceso de Masterización**. Se indican los procesadores y ajustes realizados, y las características del archivo de audio que se obtiene como resultado final.

El proyecto fin de carrera finaliza con el capítulo 9, **Conclusiones**, donde se reflexiona sobre los resultados obtenidos en el caso práctico.

Primera Parte: Introducción y fundamentos teóricos

1. Evolución del registro sonoro y de las grabaciones musicales

1.1 Evolución del registro sonoro

No se puede hablar de la evolución de las grabaciones musicales sin antes realizar un breve apunte sobre la historia del registro sonoro, y con ello me refiero a la evolución de los procesos de grabación y reproducción de sonido de manera “artificial”. Una vez que la tecnología alcanzó ciertos niveles de calidad fue cuando surgió la grabación musical como la entendemos en la actualidad.

En 1875 **Leon Scott** patenta la primera máquina capaz de registrar sonidos, el **fonoautógrafo**. Pero estas grabaciones no podían reproducirse. Dos años más tarde, en 1877, **Thomas Edison** presenta el **fónografo**, un equipo capaz de grabar y también reproducir sonidos. Utilizaba un sistema por el cual las ondas sonoras se registran en un tubo. Para ello transforma mecánicamente las vibraciones que producen las ondas en surcos en dicho tubo. Posteriormente, al pasar una aguja por los surcos se recogen las vibraciones pudiendo reproducir el audio grabado [1].

Hubo que esperar hasta 1888 para que se inventara un equipo grabador y reproductor que hiciera dura competencia al fonógrafo de Edison [2]. Este equipo es el **gramófono**, inventado por **Emilie Berliner**. El gramófono es parecido a un tocadiscos, pues utilizaba discos similares a los vinilos pero con otros materiales como la ebonita. Este gramófono constaba de un motor a cuerda que hacía girar los discos por los que se pasaba una aguja con una bocina integrada para amplificar el sonido. Al principio el disco giraba a 80 RPM, y no fue hasta 1929 cuando se estipuló el formato de 33 RPM, el cual se puede encontrar en los tocadiscos de la actualidad. El éxito del gramófono no fue tanto la calidad de sus grabaciones como las ventajas que tenía sobre el fonógrafo en cuanto a producción de copias de sus discos, ya que era más fácil crearlos que los tubos del fonógrafo.

El **tocadiscos** se patenta en 1925 gracias a la aparición de los primeros amplificadores a válvulas. El tocadiscos dispone de un plato sobre el que se sitúan los discos y lo hace girar con un motor eléctrico. Los discos tienen unos surcos por los que pasa una aguja con una bobina y un imán produciendo una variación de tensión eléctrica (una transducción mecánico-eléctrica) [1]. Una característica importante de estos equipos era que al trabajar eléctricamente se podía tener control del volumen, algo que anteriormente era más complicado.

Paralelamente a estos avances fueron surgiendo otros muy importantes para poder hoy realizar las grabaciones musicales. Un factor elemental para el registro del sonido son los **transductores electroacústicos**. Fue **Alexander Graham Bell** en 1876, quien patentó el primer sistema que transmitía sonido de un lugar a otro, el teléfono. Ello implicó el desarrollo del micrófono y del altavoz.

Otro avance importante y que dotaba de la posibilidad de manejar tanto el volumen de reproducción como controlar la grabación fue las **válvulas termoiónicas**. Ellas permitían incorporar a los equipos un amplificador valvular. Posteriormente fueron sustituidas por los **transistores**, desarrollados en los **Labotarios Bell**, de menor tamaño y mucho más baratos [3].

Un punto clave en la evolución del registro sonoro y la creación de los sistemas de grabación de alta fidelidad fue el estudio del **registro magnético**. El primero en realizar experimentos con grabadores magnéticos fue **Oberlin Smith**. Una idea que publicó en una revista fue la resultante de lo que más tarde se conocería como **magnetofón de alambre**. Posteriormente fue desbancado por el **grabador de cinta**.

En 1932, la empresa alemana **AEG** realizó los primeros ensayos para la construcción de **grabadores de cinta magnética**. Utilizaban cintas de papel recubiertas de óxido metálico, pero AEG quería descartar estas cintas ya que se deterioraban con gran facilidad. Para ello se asoció con la empresa química alemana **IG Farbenindustrie**, filial de la multinacional química alemana **BASF**, para desarrollar una cinta más resistente [1]. Gracias a ellas se consiguió tener un soporte en el cual almacenar con suficiente calidad las primeras grabaciones musicales profesionales.

1.2 Evolución de las grabaciones musicales

En el apartado anterior se han descrito varios de los avances que fueron necesarios para llegar a obtener un sistema grabador y un soporte de almacenamiento que pudieran ofrecer cierta calidad de grabación de audio. A partir de ese momento surge una línea paralela, la del desarrollo tecnológico en el campo del audio profesional. Esa línea está totalmente condicionada por la evolución de las grabaciones musicales, ya que haciendo uso de la tecnología existente en cada momento, los ingenieros de sonido se las ingeniaban para obtener los mejores resultados en sus grabaciones musicales exprimiendo al máximo cada dispositivo nuevo que aparecía en el mercado del audio profesional.

Con la aparición del magnetófono de cinta, la industria musical empezó a evolucionar considerablemente en sus grabaciones musicales. Al principio las grabaciones eran de baja calidad, y no fue hasta el principio de la década de los años 40 cuando se obtuvieron mejoras en la relación señal a ruido, reduciendo el ruido y las distorsiones de las grabaciones. Los primeros magnetófonos para uso no profesional aparecieron en 1950, y eran de bobina con la cinta abierta. El modelo más famoso de este tipo de magnetófonos fue el **Revox** [1]. También se empezaron a crear los magnetófonos específicos para estudios de grabación, mejorando considerablemente la calidad de las producciones musicales de entonces.

Un proceso completamente revolucionario y base de las grabaciones musicales de hoy en día es la **grabación multipista** [4]. La grabación multipista es un proceso en el cual se divide la cinta en varias pistas paralelas entre sí. Debido a que se hallan en el mismo medio, las pistas permanecen en perfecta sincronización. La primera grabación multipista que se realizó consistió en una grabación estéreo en 1943, donde se dividió la cabeza de grabación del grabador en dos pistas. Ese método de grabación fue rápidamente adoptado por los estudios discográficos de los años 50, aunque el concepto estéreo no siempre se concebía como hoy en día (actualmente la música estéreo busca reflejar generalmente el modo de percepción sonora que tienen las personas, dos oídos), sino que se aplicaban soluciones varias como grabar unos instrumentos por una pista, y otros por otra pista, o grabar la música en un canal y la voz en el otro, etc.

Una de las figuras clave en las grabaciones multipista fue el guitarrista, compositor e ingeniero **Les Paul** (padre de las famosas guitarras Les Paul de Gibson). Sus experimentos con cintas y grabadores en la década de los 50 le llevó a utilizar el primer grabador 8 pistas hecho a la medida por los fabricantes **Ampex**, y sus grabaciones son pioneras por utilizar la grabación multipista para registrar elementos separados de una pieza musical de forma asincrónica. Esto quiere decir que grababa los distintos instrumentos de una canción en momentos diferentes, reproduciendo en cada grabación todo lo registrado anteriormente (técnica utilizada actualmente en la gran mayoría de las grabaciones musicales).

Al principio Ampex comercializó el grabador de 3 pistas, siendo de gran utilidad porque permitía crear un estéreo de la música utilizando la tercera pista para el vocalista, haciendo uso de lo que se conoce como el “*playback*” de una canción (música sin voz). Estos grabadores se mantuvieron como estándar de la industria hasta mediados de los 60 y existen muchas piezas grabadas utilizando estas máquinas de Ampex como aquellas que salían de los sellos *Phil Spector's Productions* y en los principios de la *Motown* [5].

El siguiente desarrollo obvio fue el grabador de 4 pistas. La llegada de este sistema mejoró las grabaciones realizadas por los ingenieros de la época y dio a los músicos una flexibilidad mucho mayor para las grabaciones. Los grabadores de 4 pistas fueron el estándar durante gran parte de los años 60. El ingeniero *Tom Dowd* de *Atlantic Records* fue uno de los primeros en utilizar estos grabadores. Muchas de las grabaciones más famosas de *The Beatles* y *The Rolling Stones* se registraron en cuatro pistas y los ingenieros londinenses de *Abbey Road Studios* llegaron a ser particularmente expertos en la técnica denominada “**reducción de mezcla**” en Reino Unido y “**rebotar hacia abajo**” en EEUU [6]. La técnica consiste en utilizar las 4 pistas de un grabador para registrar ciertos instrumentos de una canción para más tarde volcar esas cuatro pistas sobre una de otro grabador distinto de 4 pistas. De esta manera, fue posible registrar muchas pistas separadas y combinarlas en grabaciones alcanzando gran complejidad en el proceso. Había limitaciones debido a la acumulación de ruido durante el proceso de reducción de mezcla y los ingenieros de *Abbey Road* son famosos por la capacidad de crear grabaciones de este tipo manteniendo mínimo el ruido de fondo.

El grabador de 4 pistas también dio lugar a desarrollar el **sonido cuadrafónico**. Consistía en utilizar cada una de las pistas para simular el sonido envolvente en 360 grados. Una serie de álbumes de *Pink Floyd* o *Mike Oldfield* fueron comercializados tanto en este formato como en formato estéreo en la década de los 70, aunque el formato “*quad*” pronto desapareció por su escaso éxito. No obstante se puede decir que fue un precursor de lo que hoy se conoce como sonido envolvente y sus aplicaciones en sistemas de cine.

Con el tiempo fueron creciendo los grabadores llegando a alcanzar las 24 pistas simultáneas (llegaron a fabricarse grabadores mayores pero menos comercializados). La combinación de editar a través del empalme de cinta, y la posibilidad de grabar varias pistas revolucionó las grabaciones de los estudios. Empezaron a surgir multitud de técnicas nuevas de grabación, aumentó la complejidad de los procesos de grabación y se empezó a generalizar el arte de la mezcla en post-producción, consistente en aplicar procesadores externos a cada pista con el fin de mejorar la calidad de audio y conseguir los efectos deseados en las grabaciones.

Pero ha sido sin duda a finales de los años 90 y en lo que llevamos del siglo XXI donde la revolución de los estudios de grabación ha crecido a pasos agigantados con la llegada de la era digital. Ya no se usan grabadores con cintas que se deterioran con el paso del tiempo, sino discos duros que mantienen la calidad siempre igual. Con las velocidades de transferencia que se manejan ahora y los sistemas avanzados de *hardware* se puede llegar a grabar cientos de pistas simultáneas en unos rangos de calidad y fidelidad extremadamente altos. Gracias a los componentes de los equipos, en la actualidad se ha conseguido aumentar considerablemente la relación señal a ruido. Con el software de post-producción se evita pasar la señal de audio por infinidad de equipos deteriorando el sonido a cada paso. Ahora se evitan las ediciones mecánicas y los empalmes de cinta. Gracias al audio digital y los sistemas controlados por software profesional se puede editar las pistas de audio trabajando con una precisión del tamaño de una muestra, llegando a tener hasta 192.000 muestras por segundo en los sistemas más punteros.

Todo esto no quiere decir que se haya dado la espalda a todo el mundo analógico, y que los avances que hubo en el audio profesional a lo largo del siglo XX ya no sirvan. Todo lo contrario, actualmente los estudios de grabación más importantes del mundo utilizan una combinación de los sistemas más actuales con las antiguas técnicas utilizadas en los estudios de grabación. Se siguen empleando micrófonos, amplificadores, previos y otros equipos que mantienen la misma tecnología de hace décadas, pues sigue gustando el sonido que se obtiene con ellos, pero se graba con sistemas de última tecnología. Las técnicas de grabación que se descubrieron gracias a la pericia de los ingenieros para adaptar sus grabaciones a los limitados recursos tecnológicos con los que contaban siguen usándose en la actualidad. Incluso hay estudios de grabación como los famosos *Abbey Road* donde se sigue pasando la mezcla digital final a analógico y se realizan múltiples grabaciones en soporte magnético con el fin de buscar ese timbre que tanto gusta a los músicos y productores. Se podría decir que la evolución de las grabaciones musicales es cíclica, y en la actualidad, cuando aparentemente se ha llegado a una cota de calidad muy alta en cuanto a prestaciones, aún se pueden encontrar soluciones y mejoras buscando en los inicios de esta ciencia.

Pero las empresas tecnológicas de audio digital no se quedaron satisfechas con llevar sus nuevos equipos a los estudios de grabación de los ingenieros de sonido. Quisieron ir más lejos, llegar a sus casas. Pero no sólo a las casas de los ingenieros, sino de sus clientes, los músicos, los productores, y en definitiva cualquier persona interesada en realizar producciones musicales. Esto ha sido posible gracias a dos factores: el primero ha sido la rápida evolución en cuanto a prestaciones y reducción de costes de los ordenadores, y las posibilidades de procesamiento que nos ofrecen; el segundo ha sido gracias a la revolución industrial producida por una gran cantidad de empresas de tecnología y distintas marcas que ha propiciado una oferta muy elevada de productos de calidad a precios asequibles. Esto no implica que no existan productos de altísima calidad con precios prohibitivos, pero lo cierto es que hoy en día, por un precio razonable en comparación con lo que costaría un completo estudio analógico, una persona puede adquirir los equipos necesarios para tener un completo sistema de trabajo basado en audio digital, o también conocido como **DAW** (*Digital Audio Workstation*) o **Home Studio** si hablamos de un sistema orientado más a público no profesional. Estos sistemas no han sustituido (por completo) a los estudios tradicionales de grabación (de hecho, la mayoría estudios de grabación profesionales combinan sistemas DAW junto a otros tipos de sistemas), pero sí se han convertido en una herramienta básica de cualquier profesional del sector, ya que cada día surgen nuevos equipos con mejores

prestaciones, mayor calidad, más pequeños y más baratos, cuyo potencial es inimaginable para cualquier ingeniero de sonido de hace apenas 30 años.

2. Introducción a la producción musical

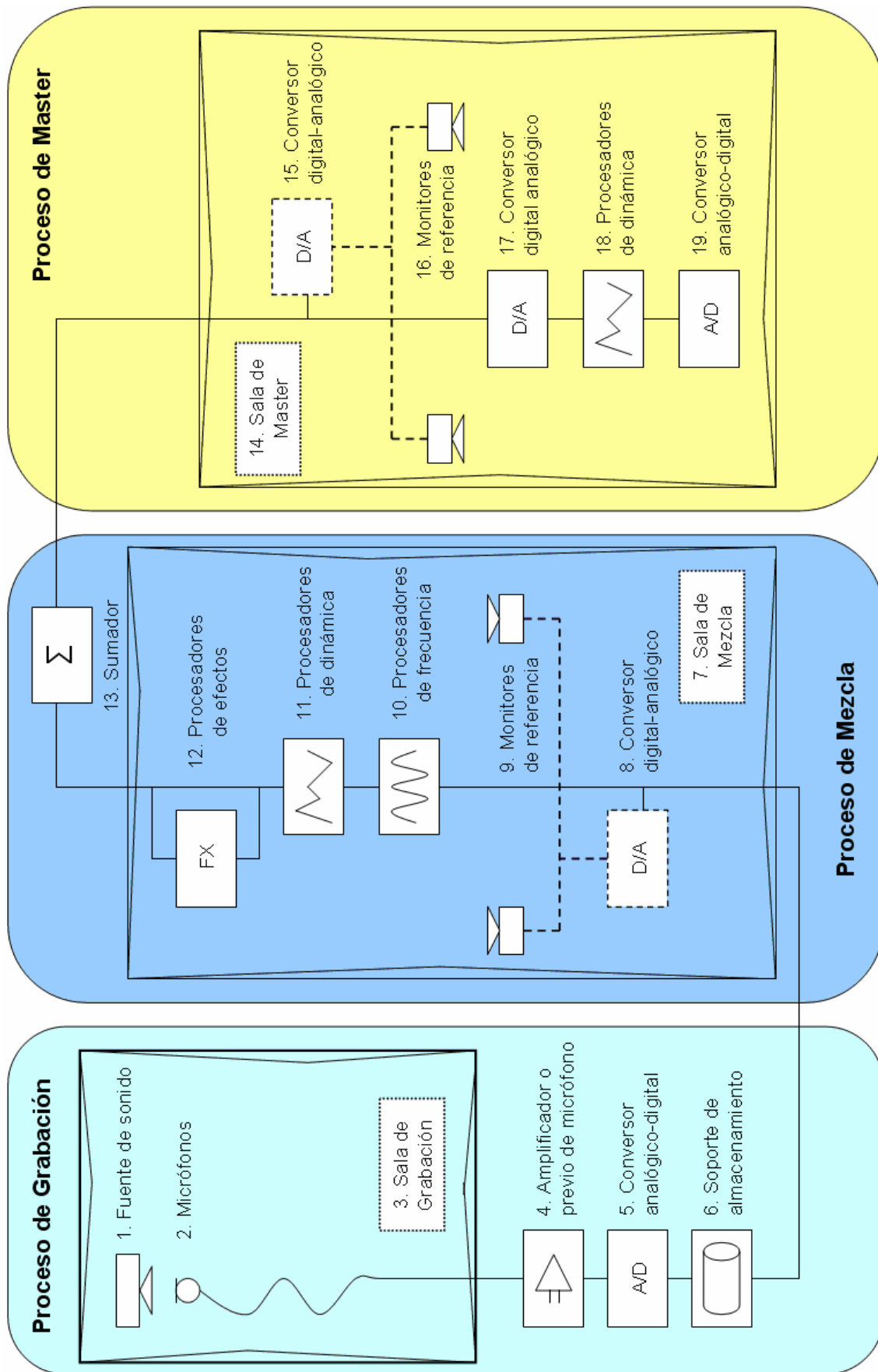


Figura 2.1: Proceso de producción musical

En este apartado se intentará mostrar de una manera global en qué consiste un proceso de producción musical. En concreto, una producción hecha a un grupo musical donde los integrantes que conforman la banda de música son el elemento principal del proceso. Se explicará la secuencia de procesos a realizar, los elementos involucrados en cada uno de los hitos a lograr, el motivo de cada subproceso, etc.

Toda producción musical puede dividirse en tres partes o subprocesos bien diferenciados:

- Grabación.
- Mezcla.
- Masterización.

En la figura 2.1 se muestran la mayoría de elementos involucrados en el proceso de producción musical. Se puede ver la división existente entre los tres subprocesos indicados y los elementos que se utilizan en cada uno. A continuación se resumirá el objetivo de cada subproceso y la función que desempeña cada elemento dentro del mismo. Por ello, se recomienda basar la lectura del proyecto en la figura 2.1, de manera que se tenga en todo momento una visión global del proceso de producción y del papel que desempeña el elemento en cuestión que se esté estudiando dentro de dicho proceso.

2.1 La Grabación

El **Proceso de Grabación** es el primer proceso como tal, y puede considerarse el más importante ya que es donde más participa el grupo o banda musical. Será el que más carácter dé al producto final y es por ende el más complejo por la cantidad de personas que pueden formar parte en él.

El objetivo principal consiste en registrar y almacenar toda la información sonora que van a aportar los integrantes del grupo musical. Por lo general, se almacenará en discos duros si se trata de una grabación digital, o en cintas magnéticas, similares a la que se ve en la figura 2.2, si fuera una grabación analógica.



Figura 2.2: Soporte de cinta magnética

El ingeniero de sonido hará uso de las herramientas y medios que tenga en su mano para lograr captar lo más fielmente posible las distintas **fuentes de sonido** utilizadas por la banda. Para ello utilizará los transductores acústico-eléctricos o **micrófonos** más apropiados para cada tipo de fuente de sonido. Uno de los mayores problemas con los que se debe enfrentar a la hora de grabar será la **sala de grabación**, pues según el tipo y características de la sala, el registro sonoro puede verse alterado considerablemente. De igual manera, puede hacerse uso de distintas salas de grabación para obtener distintos registros de manera voluntaria, buscando ciertos matices que ofrece una sala u otra. Esto es extrapolable tanto a los micrófonos como a las fuentes de sonido, ya que cada uno tiene características distintas y se obtendrá un registro sonoro diferente en función de los equipos que se utilicen. Será la experiencia del ingeniero y de los productores musicales quienes decidan elegir entre unos dispositivos u otros con el fin de obtener el sonido deseado, pues la variedad comercial de equipos es muy amplia. Aún así, siempre se deberá elegir dentro de un rango bien definido por sus características (con ello se quiere decir que si se necesita un micrófono dinámico que soporte alta presión, se podrán elegir entre diferentes marcas y modelos, pero igualmente tendrá que ser un micrófono dinámico para alta presión).

Antes de poder almacenar el audio emitido por las fuentes de sonido, será necesario amplificar la señal captada por los micrófonos con un equipo comúnmente conocido como **previo de micrófono**. Se trata básicamente de un dispositivo especializado en amplificar señales procedentes de un micrófono. La fidelidad a la salida del previo dependerá de las características del mismo y de la calidad de sus componentes. Conviene señalar que en este punto de la grabación existe la posibilidad de integrar procesadores de dinámica tales como compresores o ecualizadores pero no es obligatorio. Se ha decidido realizar el estudio sin tener en cuenta este proceso de la señal debido a dos motivos: el primero es que es recomendable no utilizar equipos de este tipo previo al almacenamiento y digitalización de los datos, ya que los procesos realizados no serán reversibles, y por tanto, se realizan generalmente sólo con equipos de muy alta gama y por profesionales de gran experiencia que conocen a la perfección los procesos a realizar con antelación al almacenamiento; y segundo, porque no se han usado estos equipos en el caso práctico que acompaña a este proyecto por los motivos ya descritos.

Llegado este momento (la fuente de sonido emite, el micrófono recoge la señal directa de la fuente más la señal producida por el efecto de la sala de grabación y dicha señal es amplificada por el previo de micrófono), ya se puede almacenar la información sonora tanto en formato analógico como en digital. En el primer caso se encaminaría la señal hacia un **grabador analógico** y se almacenaría en cintas magnéticas. En el segundo caso, el que comúnmente trataremos a partir de ahora por ser el utilizado en la grabación práctica de este proyecto, y el más común actualmente en los estudios de grabación profesionales, la señal se deberá digitalizar en un **convertor analógico-digital** para poder guardarse en un **soporte de almacenamiento digital**, que por lo general se tratará del **disco duro** de un ordenador. El acceso a los datos almacenados será controlado por un software de audio profesional, también conocido como **secuenciador**. Una vez que se tiene grabado el audio se puede decir que termina el proceso de grabación.

2.2 La Mezcla

El **Proceso de Mezcla** comenzará cuando se hayan registrado absolutamente todos los sonidos susceptibles de formar parte del producto sonoro, o canción final, propiamente dicho. Es decir, se habrán grabado todos los instrumentos, todas las voces implicadas, todos los efectos sonoros involucrados, etc. Cuando se trata de una grabación multipista, toda la información estará grabada por separado. Para ello, cada miembro de la banda musical graba escuchando de referencia todo el audio almacenado anteriormente por el resto de integrantes. El primero en grabar (normalmente el baterista) utilizará de referencia por lo general un metrónomo, que no es más que un sonido corto y acentuado que se reproduce rítmicamente permitiendo al músico mantener el “*tempo*” de la canción. De no usar metrónomo o complementario a él, otro músico podría tocar a la vez para serle de referencia. De la sincronización de todas las grabaciones o “pistas” se encarga el software de audio o secuenciador. Haciendo uso de lo que se conoce como “control de transporte” se puede realizar una escucha de todo lo grabado sonando al unísono como si estuvieran tocando todos los miembros del grupo a la vez.

Si se ha grabado todo haciendo uso del principio y máxima de toda grabación que es la fidelidad, y cada toma de señal es la óptima en cuanto a calidad, uno se da cuenta de que el conjunto no suena como cabría esperar, es decir, como si estuviera escuchando al grupo en directo. Esto es debido a que no se percibe igual que a una banda espacialmente distribuida, con distintos niveles de cada sonido ajustados a la banda en directo, que se emiten desde fuentes de sonido individuales y separadas y donde la suma de señales se realiza en el medio analógico que es el aire. Será distinto a escuchar ese mismo grupo grabado y emitido ahora sin esa distribución espacial de los distintos sonidos, donde cada sonido suena en su máxima expresión sin tener en cuenta los demás, donde la suma de señales se realiza en el medio digital y donde además se emite todo desde típicamente dos fuentes de sonido como puede ser una escucha estéreo en dos altavoces.

Para solucionar estas carencias propias de las grabaciones de audio multipista y de la escucha localizada en un número limitado de fuentes de sonido surge el proceso de mezcla. Éste consiste en la realización de distintos ajustes a cada señal grabada de modo que se “mezclen” correctamente y la reproducción global se asemeje a lo que esperaríamos escuchar si estuvieran tocando todos los músicos de la banda a la vez frente a nosotros.

Este tipo de mezcla que se indica es la mezcla más pura que existe donde únicamente se busca solucionar las carencias de la grabación multipista, pero lo cierto es que el proceso de mezcla siempre ha tenido una gran componente creativa y no solo se busca solucionar problemas, sino también dar un carácter al producto final con los distintos ajustes que se realizan, que pueden ser infinitamente variados. Es por ello que se dice que una grabación puede tener infinitas mezclas válidas y distintas, y así obtener infinitas canciones iguales pero distintas a la vez.

La herramienta más importante de un ingeniero de mezcla son sus oídos, y salvando algunas herramientas de control que puede utilizar, la mezcla es un proceso en gran medida subjetivo, por lo que las condiciones de escucha serán determinantes a la hora de que el ingeniero elija entre unos ajustes u otros. Estas condiciones dependerán de tres factores fundamentalmente: el primero es el **convertor digital-analógico** que

usemos y que se encargará de enviar la señal digital almacenada a los altavoces analógicos. Estos altavoces son conocidos como **monitores de referencia**. Obviamente, la **sala de mezcla** influirá en la percepción del sonido por parte del ingeniero.

En base a estas condiciones, el ingeniero hará uso de **procesadores de frecuencia**, **procesadores de dinámica** y **procesadores de efectos** para corregir las carencias de la grabación debidas a los equipos usados y a la sala de grabación, además de los problemas descritos anteriormente y que tienen las grabaciones multipista y la reproducción en un número limitado de fuentes de sonido. De este modo, el ingeniero obtiene el resultado que cree conveniente y que más se ajusta a los gustos de los productores y músicos involucrados. No obstante, con estos procesadores no sólo se consigue corregir los errores descritos, sino que también se pueden utilizar para imprimir carácter y matices que atienden más a la parte artística de una producción. Por ejemplo, una canción puede aceptar muchos tipos de reverberaciones generadas por un procesador de efectos, pero es tarea del ingeniero elegir la que resulte más atractiva y sintonice mejor con el contexto de la canción. Esta tarea es realmente subjetiva e influye mucho la percepción del ingeniero, quien además se ve influido por los estándares de la música en función del estilo y época en que se desarrolla el proyecto.

Un elemento crítico a la hora de terminar el proceso de mezcla es el **sumador**. Este elemento es muy importante por ser el equipo que unifica todas las pistas y suma todas las señales de nuestro proyecto multipista para obtener a la salida un formato de uso estándar (estéreo, 2.1, 5.1, etc.) con la mayor calidad posible.

2.3 La Masterización

Masterización proviene de *master*, que en inglés se refiere al producto del cual se realizan posteriormente las copias para su distribución. Por tratarse del último paso antes de finalizar el producto, se entiende como un proceso delicado donde se busca la excelencia. El **Proceso de Masterización** no debería ser utilizado para corrección de errores (que en muchas ocasiones lo es) y sí como ajuste y balance de parámetros para su correcta reproducción sonora.

La masterización de audio siempre se entendió como un proceso en el que se intentaba conseguir una normalización del audio dada la multitud de lugares donde podría reproducirse, y por consiguiente, se necesita garantizar que en todos esos lugares la escucha sea lo más fiel al audio obtenido durante el proceso de producción.

Pero cada día toma más valor este proceso por el uso que se le está dando en la industria musical. Esto tiene mucho que ver con las tendencias y gustos musicales de cada tiempo. Todo empezó e mediados de los años 30 cuando los productores se peleaban porque sus producciones sonaran más fuertes y contundentes con el objetivo de que los programadores de las radios eligieran sus discos para emitirlos al público. Se podría decir que fue entonces cuando empezó a entenderse el término masterización, y la idea no ha cambiado mucho hasta nuestros tiempos. No sólo se busca corregir y normalizar; también se busca potenciar y maximizar el sonido de la producción con el fin de llevar al límite la calidad final del producto.

Por tanto, la masterización será un proceso que se abordará al final. En el momento de empezar este proceso se tiene como elemento de trabajo la mezcla obtenida anteriormente, es decir, la suma de todas las señales o pistas grabadas individualmente, tratadas por diversos procesadores y añadidos los efectos de mezcla necesarios. Todo ello en un archivo con un formato estándar, típicamente un archivo estéreo de alta calidad y elevada resolución (muchos bits por muestra y muchas muestras por segundo).

Lo más importante para obtener una buena masterización son las condiciones de escucha. Para poder garantizar un sonido lo más normalizado posible se debe contar con unos equipos y una sala muy cuidados. Es por ello que existen estudios de “*mastering*” donde únicamente se aborda este proceso de los proyectos. Esto es debido a que los equipos utilizados en estos estudios para realizar el proceso de masterización son muy caros, y la **sala de máster** debe contar con unas características muy concretas para llegar a la excelencia. Es por tanto básico hacer uso de **convertidores D/A y A/D** de altísima calidad y varios pares de **monitores de referencia**, también de características concretas y propios de estudios de este tipo. Por último, el tratamiento del audio volverá a consistir en procesarlo mediante ciertos **procesadores de dinámica**, normalmente de características multibanda como pueden ser compresores y limitadores multibanda, ecualizadores, maximizadores, excitadores, etc., y siempre con el mismo objetivo, obtener la máxima calidad y mejorar la mezcla inicial.

Por último, este proceso se encargará también de obtener los distintos formatos finales que se utilizarán para las copias y distribución.

3. Fundamentos Teóricos

En este capítulo previo a la exposición del caso práctico (donde se aborda una producción musical desde el principio hasta su fin) se pretende presentar los elementos más importantes que afectan a la calidad del producto final. Estos elementos son los que aparecen en la figura 2.1 de este mismo proyecto. Cada uno participa en la producción musical de un modo concreto y es necesario tener conocimientos profundos de estos elementos si se quiere obtener el mejor resultado posible.

3.1 Fuentes de Sonido

Las fuentes de sonido son la materia prima necesaria para crear un producto sonoro. Los instrumentos musicales conforman las fuentes de sonido utilizadas para la realización de producciones musicales. Estos se pueden clasificar en:

- **Instrumentos Acústicos:** voz, flauta, batería acústica, trompeta, piano, etc.
- **Instrumentos Eléctricos:** guitarra eléctrica, bajo eléctrico, etc.
- **Instrumentos Electroacústicos:** guitarra electroacústica, violín electroacústico, etc.
- **Instrumentos Electromecánicos:** teclado electrónico, órgano Hammond, sintetizador, etc.
- **Instrumentos Virtuales:** se trata de instrumentos creados en su totalidad por software digital y la manera de interactuar con estos generadores de sonido o instrumentos virtuales se realiza utilizando controladores maestro o como comúnmente se conocen, controladores MIDI.

Existe un sistema de clasificación de instrumentos más exhaustivo denominado **Hornbostel-Sachs** [7]. Esta clasificación está dada por el elemento vibrante que produce el sonido.

Es muy importante conocer los distintos tipos de instrumentos para su correcta grabación. Cada uno requerirá de técnicas o métodos distintos para obtener la señal más fiel a su sonido original.

Los instrumentos utilizados en este proyecto y que a su vez se trata de los instrumentos más comunes en producciones *rock* y *pop* son [8]:

- **Voz:** la información que aporta la voz dentro de un contexto musical unido a las sensaciones que provoca en el oyente hacen de ella el papel principal en una producción musical.
- **Batería acústica:** la batería forma el elemento rítmico dentro de un grupo de música. Está conformada por muchos elementos sonoros y eso hace que su grabación sea de las más complejas.

- **Guitarra eléctrica:** utiliza “pastillas” electromagnéticas para convertir las vibraciones de sus cuerdas en tensiones eléctricas, necesitando de un amplificador y un altavoz para emitir sonido útil en una producción musical. Todos estos elementos conforman el sonido final del instrumento.
- **Bajo eléctrico:** al igual que la guitarra eléctrica, usa “pastillas” y necesita, por lo general, de amplificador y altavoces aunque también puede grabarse sin ellos. Es responsable de la componente más grave en una composición musical.

3.2 Micrófonos

Los micrófonos son transductores electroacústicos cuya función es transformar la energía acústica (presión) que se ejerce sobre su diafragma en energía eléctrica (tensión).

3.2.1 Clasificación y Tipos

A continuación se enumeran y describen las características más importantes de los micrófonos [9]:

- **Sensibilidad:** es una medida que indica la cantidad de salida eléctrica que se produce en función de la presión acústica que recibe el micrófono. Este valor da información sobre la utilidad del micrófono. Si se coloca un micro poco sensible frente a una fuente de sonido que produce poca presión acústica será necesario amplificar mucho la señal, con los problemas que ello implica, como puede ser aumento de ruido. Por el contrario, si se utiliza un micrófono muy sensible frente a una fuente que emite mucha presión puede que se supere el régimen máximo que soporta el micrófono generando distorsión por saturación.
- **Directividad:** es la medida de sensibilidad en función del ángulo con el que incide la onda sonora en el diafragma del micrófono. Atendiendo al tipo de directividad que tenga el micrófono se podrá clasificar como:
 - Omnidireccional: igual sensibilidad a todos los ángulos.
 - Bidireccional: máxima sensibilidad en los ángulos 0° y 180° y mínima en 90° y 270°.
 - Cardioide: más sensible en la dirección en la que se enfoca el micrófono.
 - Hipercardioide: igual que el cardioide pero llevado al extremo.
- **Respuesta en frecuencia:** es la variación de sensibilidad del micrófono en función de la frecuencia de la onda sonora incidente.

Los micrófonos se pueden clasificar en distintos tipos según el modo en que realizan la transducción mecánico-eléctrica. Los más importantes son los dinámicos y los de condensador:

- **Micrófono dinámico:** también conocido como de bobina móvil, realiza la transducción gracias a la variación del campo electromagnético que se produce al moverse una bobina unida solidariamente al diafragma del micrófono sobre un imán permanente, lo que produce una tensión eléctrica a la salida proporcional al movimiento del diafragma.
- **Micrófono electrostático:** también conocido como de condensador, realiza la transducción gracias a la variación de la capacidad de un condensador formado por dos placas conductoras separadas por un dieléctrico, estando una de las placas unida solidariamente al diafragma. Necesitan de alimentación (*phantom*) para su funcionamiento.

Que haya distintos tipos de micrófono con distintas características supone que existen infinidad de micrófonos diferentes. Es cierto que la calidad de sus componentes y su fabricación son elementos importantes para determinar si un micrófono es mejor que otro, pero igualmente hay que tener en cuenta la aplicación para la cual se va a utilizar, ya que cada grabación implica el uso de un determinado tipo de micrófono si se desea conseguir un resultado concreto. Ello hace necesario que en una producción musical se disponga de diferentes micrófonos, para así utilizar el que mejor convenga en cada situación.

A modo general, un micrófono dinámico se diferencia de uno de condensador en que es más robusto, no necesita alimentación, son más baratos y se ve afectado por el efecto proximidad (enfatisa las frecuencias graves cuando la fuente de sonido está muy cerca). Por su parte, el de condensador tiene una respuesta en frecuencia mucho más plana y es mucho más sensible que el dinámico.

Para profundizar en los distintos tipos y características de los micrófonos se recomienda consultar la bibliografía [9] y [10].

3.2.2 Técnicas de Microfoneo

No basta con elegir un buen micrófono para realizar una grabación, sino que también será necesario aplicar la técnica de microfoneo adecuada, ya que existen muchas maneras de disponer un micrófono frente a una fuente de sonido y en función de cómo se haga el resultado puede variar considerablemente [11]. Es importante la posición de la fuente de sonido o instrumento dentro de una sala de grabación, así como la distancia a la que se sitúa el micrófono. Según esta distancia, el microfoneo se clasifica en cuatro estilos [13]: distante, cercano, de acentuación y ambiental. Cada tipo genera un resultado diferente y está ideado para utilizarse en casos concretos.

Un tipo de técnica muy utilizada es el **par estéreo**, donde se utilizan dos micrófonos para tener dos señales de tal modo que se puedan crear distintos estéreos

según los distintos tipos de micrófonos y la posición de uno respecto al otro [12][13][14].

Por otra parte y como se ha comentado anteriormente, es muy importante conocer las fuentes de sonido o instrumentos para saber cómo grabarlas adecuadamente.

Este proyecto está orientado a la grabación de instrumentos típicos de producciones de rock o pop, por lo que aparte de disponer de los micros necesarios, será muy importante conocer y aplicar las técnicas oportunas para la grabación de estos instrumentos.

En la bibliografía [15], [16], [17] y [18] se puede encontrar información sobre las distintas técnicas de grabación para estos y otros instrumentos.

3.3 Sala de Grabación

Se ha visto la importancia que tiene tanto la fuente de sonido como el micrófono con el que se recoge el sonido para obtener una buena señal de audio grabada. Pero de nada servirá cuidar esas dos piezas del proceso si se descuida otra tan importante como es la **Sala de Grabación**. Será en esta sala donde se introducirán los elementos emisores y receptores de sonido para su correcta grabación, por lo que el conocimiento de la sala ayudará a tener más criterios a la hora de colocar una fuente de sonido o un micrófono dentro de la misma para realizar una grabación.

Una sala de grabación debe cumplir dos características principalmente: tener un buen aislamiento y un buen acondicionamiento acústico [13]:

- El aislamiento acústico evitará que haya filtraciones de ruido externo que estropee la grabación como puede ser el ruido aéreo o estructural. Dicho aislamiento dependerá de los materiales con los que se haya construido la estructura principal de la sala, así como de las características intrínsecas debido a la geometría de la propia sala.
- El acondicionamiento acústico busca conseguir el mayor confort acústico, consiguiendo un grado de difusión acústica uniforme en todos los puntos de la sala y un tiempo de reverberación idóneo para cada caso. Estará relacionado con el tratamiento de las paredes, puertas, techos, ventanas y demás elementos estructurales.

Uno de los elementos más importantes a tener en cuenta a la hora de realizar una grabación en una sala es la **reverberación**. La reverberación se puede definir como la persistencia de las ondas de sonido existentes en una sala cuando se deja de emitir desde una fuente de sonido, y es producida por las distintas reflexiones habidas sobre las distintas superficies que componen la sala. La característica más importante de una sala en cuanto a su reverberación se refiere es el **tiempo de reverberación** (TR). Este tiempo es el que tarda en disminuir el sonido 60 dB una vez que se deja de emitir presión desde una fuente de sonido.

Es muy importante trabajar con tiempos de reverberación adecuados durante las grabaciones ya que la reverberación de la sala también quedará registrada, y no tiene por qué ser la deseada en una producción musical en concreto. Además, esta reverberación no puede eliminarse correctamente por ningún medio y cabe la posibilidad de que eche a perder una grabación. En los estudios profesionales se suele contar con distintas salas de grabación, cada una con un tratamiento acústico concreto para conseguir distintos tipos de sonoridad y poder utilizar la que se considere oportuna para las distintas grabaciones dentro de una producción. Pero en caso de no disponer de la infraestructura necesaria para tener distintas salas de grabación, lo normal es tener una sala con un tiempo de reverberación corto, ya que el sonido reverberante se puede añadir posteriormente a la grabación (en el proceso de mezcla) con procesadores de efectos, obteniendo resultados muy satisfactorios debido a la gran calidad de algunos dispositivos de reverberación [20]. Aún así, tampoco se busca trabajar con una sala completamente seca (sin reverberación o también denominada anecoica), ya que, aparte de ser muy caras, el resultado es antinatural debido a que estamos acostumbrados a oír siempre los sonidos con cierta reverberación.

También es muy importante la **respuesta en frecuencia** de una sala, ya que no todas las salas responden igual a todas las frecuencias debido a su construcción y a los materiales utilizados. Los materiales tienen unos índices de absorción de la presión acústica que dependen de la frecuencia. Si no se ha tenido cuidado a la hora de construir la sala, puede que absorba algunas frecuencias más que otras, creando una respuesta concreta y “coloreando” el sonido, haciendo que la grabación se vea afectada por este factor.

La **difusión** es otro parámetro de la sala que hay que tener en cuenta. Debido a su construcción, es posible que en distintos puntos de una sala haya distintas respuestas en frecuencia. Lo ideal es tener homogeneidad en una sala de tal modo que en cualquier punto la respuesta sea igual, pero eso es muy difícil. Sólo por la forma que tiene una sala está sujeta a unos problemas concretos (y también a unos modos propios concretos). El tamaño también influye mucho, ya que superficies grandes afectan a grandes rangos de frecuencias y a la dirección de las reflexiones. Se hace uso de **difusores** para corregir este problema, teniendo control sobre las reflexiones tanto en frecuencia como en dirección.

Para obtener una respuesta, tiempo de reverberación y difusión adecuados, es necesario realizar un estudio del acondicionamiento interno de la sala y, mediante el uso de absorbentes, resonadores, difusores, paneles móviles, etc., poder tener el máximo control sobre la sala.

Se recomienda consultar la bibliografía [19] para un mayor conocimiento de los parámetros y factores que afectan a la salas de grabación, y por consiguiente, a las grabaciones en las producciones musicales.

3.4 Preamplificador

En una grabación nos encontraremos con diferentes tipos de señales de audio. En el dominio analógico, las señales se distinguen principalmente atendiendo al nivel eléctrico o voltaje que tienen. Un micrófono produce una señal relativamente débil que debe ser amplificada antes de poder ser utilizada para cualquier fin, ya sea reproducirse o grabarse. Típicamente genera una señal que oscila entre 1 y 2 mV aproximadamente, mientras que un altavoz necesitará una señal que ronde la magnitud de unidades de voltio para producir un volumen de sonido que tenga utilidad.

Entre estos dos extremos, el concepto de “**nivel de línea**” ha llegado a definir el nivel estándar en que se comunican la mayoría de los dispositivos de audio. En realidad existen dos estándares diferentes de “nivel de línea”: en términos muy generales, de consumo y semi-profesionales donde **-10 dBV** (0.316 V) es el valor estándar, mientras que para los productos profesionales se tiende a utilizar el valor de **+4 dBu** (1.23 V).

Un previo de micrófono se encargará de actuar sobre la tensión de la señal a la entrada del dispositivo para aumentar el nivel de la señal a la salida. La relación entre el nivel de salida y el de entrada es la **ganancia**. Así, la ganancia, expresada en decibelios, indica el grado de amplificación de una señal. Por tanto, un previo de micrófono al menos dará la opción de regular esta ganancia con el objetivo de obtener a la salida una señal cercana al nivel de línea estandarizado [22].

Cualquier dispositivo de audio con un interfaz de entrada para micrófono contendrá un preamplificador. Una mesa de mezclas, por ejemplo, contendrá tantos preamplificadores como interfaces de entrada para micrófono disponga.

Es fácilmente comprensible la importancia que tiene un previo de micrófono al realizar una tarea tan importante como es adaptar la señal captada por un micrófono al nivel con el cual se trabajará durante el resto del proceso de grabación.

Si aplicamos la lógica, será de vital importancia que el previo sea transparente a la señal. Esto quiere decir que la respuesta en frecuencia de este dispositivo deberá ser plana tratando todas las frecuencias por igual. Esta afirmación, en la práctica, no es factible, pues la respuesta plana no deja de ser una utopía y será la calidad de los componentes (por lo general, directamente proporcional al precio de estos dispositivos) lo que imprima el carácter final del preamplificador de micrófono. No obstante, existen diversos tipos de preamplificadores con distintas características donde el objetivo final no es siempre aplicar una ganancia con respuesta plana, sino que se busca modificar la señal de tal manera que resulte agradable al oído. Hay multitud de marcas y modelos, y será la experimentación con unos y otros lo que hará elegir al ingeniero de sonido el previo adecuado para un micro en una grabación en concreto.

Pero si hay una característica de los preamplificadores que suscite realmente un debate sobre la elección de un previo de micrófono u otro a la hora de realizar una grabación es un componente básico con el cual se fabrican los amplificadores. Este componente puede ser el **transistor** o la **válvula** [23].

3.4.1 El Ruido

Dado los niveles de señal con los que trabajan los preamplificadores, es también importante la ubicación donde se encuentre. No será lo mismo que el previo se encuentre dentro de equipo junto a otros dispositivos susceptibles de generar interferencias electromagnéticas, como puede ser dentro de una tarjeta de sonido o una mesa de mezclas, a que se encuentre aislado. La razón de esto es que todas las señales analógicas son susceptibles a la interferencia electromagnética, causando distintos tipos de ruido. Las señales débiles son mucho más propensas a albergar este problema ya que cualquier ruido será mucho más relevante al ser menor la relación señal a ruido. Por tanto, el sonido de alta fidelidad no sería posible si la señal de micrófono no fuera adaptada inmediatamente al *nivel de línea* con los previos antes de ser grabada o reproducida.

Es por ello que en los estudios de grabación más profesionales se dispone de un amplio abanico de previos de micrófono aislados del resto de equipos y con distintas características para usar según los gustos o necesidades.

En el proceso de grabación, el ruido será un factor realmente importante. Más si cabe en grabaciones puramente analógicas, ya que todo proceso analógico lleva implícito un aporte de ruido. Es aquí donde la grabación digital gana sobremanera, ya que en el dominio digital no hay aporte de ruido y la única preocupación es hacer pasar la señal al digitalizador con la mayor relación señal a ruido posible.

3.4.2 Amplificación óptima y saturación

Para conseguir obtener la mejor relación señal a ruido antes de realizar la conversión a digital se deberá amplificar la señal del micrófono hasta acercarla al nivel de línea, y siempre sin que llegue a saturar.

El concepto de **saturación** es el efecto producido sobre una señal que sobrepasa el régimen máximo de tensión en el cual puede llegar a trabajar un equipo. Esto quiere decir que si tenemos una señal que cruza varios equipos, será susceptible de poder saturar en cualquiera de ellos, ya que cada equipo podrá modificar la tensión máxima de la señal con la que se enfrentará al siguiente equipo. Por tanto, hay que controlar el nivel del amplificador para que eso no suceda, ya que la saturación, por lo general, es un estado al que nunca queremos llegar (la saturación también puede ser un efecto buscado ya que auditivamente, en ocasiones, es agradable o deseado, como puede ser el uso de la saturación para modificar sonidos de ciertos instrumentos, o la saturación valvular para obtener un sonido con ciertos matices que agradan al oído).

Como se ha explicado ya, los equipos profesionales trabajan en un régimen estándar de nivel de línea de +4 dBu (cuyo nivel de referencia para 0dB es 0.775 V). Por lo tanto, para amplificar la señal de micrófono (del orden de mV) se deberá aplicar una ganancia de manera que su nivel de pico (tensión máxima que alcanza la señal en un espacio de tiempo muy corto) no sobrepase el nivel de línea. Por lo general se ajusta al nivel de referencia de 0 dBu para evitar posibles saturaciones en pasajes con mayor dinámica.

3.5 El conversor A/D y D/A

Toda grabación digital necesitará de dos equipos. En primer lugar, un **conversor analógico-digital**, para digitalizar las señales que se graban con el fin de poder **almacenarlas** y **procesarlas** en el dominio digital. Además, se necesitará de un **conversor digital-analógico** para **reproducir** las señales procesadas en el secuenciador. Es decir, servirá para enviar el audio a los altavoces, los cuales funcionan con señales analógicas.

Estos equipos, por lo general, vienen integrados en cualquier tarjeta de sonido, ya sea doméstica o profesional. En general su calidad será proporcional al coste de dicha tarjeta de sonido. Pero en estudios profesionales, los conversores suelen ser equipos externos y cuya finalidad única es la conversión, mientras que una tarjeta de sonido tiene múltiples funciones y utilidades aparte del conversor (dispone de procesador DSP, preamplificadores, grabador, monitorizado de señal, etc.). Estos equipos suelen ser caros pero de muy alta calidad.

La finalidad de los conversores es intentar que el proceso de conversión (A/D o D/A) sea lo más transparente posible, aunque ya se sabe que este proceso nunca será completamente transparente, pues la digitalización es un proceso con pérdidas debido a la cuantificación. Por tanto, se evitará realizar este proceso repetidas veces, aunque en ocasiones sea inevitable o las pérdidas sean valoradas y asumidas para la realización de un proceso que conferirá mayor beneficio (por ejemplo, cuando se realiza un proceso de conversión D/A para sacar la señal del secuenciador y procesarla con algún equipo analógico externo, para luego volver a convertir a digital).

En los conversores profesionales se suele poder controlar distintos parámetros importantes que se pueden encontrar en este tipo de dispositivos como puede ser la frecuencia de muestreo, la resolución por muestra y reducción de ruido con el control de *dither* y *noise shaping*.

Se puede consultar más información sobre estos dispositivos y sus características, parámetros, etc., en la bibliografía [24].

3.6 La Sala de Mezcla

El ingeniero de sonido normalmente recibe en el punto de escucha el sonido directo del monitor sumado a las reflexiones de las paredes de la sala que llegan ligeramente retardadas. Esta circunstancia produce que se cancelen algunas frecuencias mientras otras se enfatizan, teniendo como resultado un filtro peine, además de una pérdida de separación del estéreo.

Se puede decir entonces que la sala de mezcla o sala de control es un elemento pasivo de vital importancia en el proceso de mezcla de las pistas grabadas. Se dice pasivo porque no afecta activamente en la calidad del sonido, pero sí afecta en la manera en que el ingeniero percibe el sonido grabado durante el proceso de mezcla. Ello conllevará una serie de modificaciones y ajustes en los distintos parámetros y

procesadores que se aplicarán a las distintas pistas y que irán estrechamente relacionados con aquello que el ingeniero oye. Y lo que el ingeniero oye está estrechamente relacionado con la sala de mezcla.

Realizar el proceso de mezcla en una sala mal acondicionada o con mala acústica puede ser un desastre para el proyecto ya que todos los ajustes se realizarán en base a la acústica de esa sala en concreto, y al exportar el audio y escucharlo en otra sala, probablemente se percibirá un desajuste en la mezcla. Este error es muy común en ingenieros con poca experiencia que trabajan en salas deficientes ya que realizan un sobreajuste creando una mezcla muy buena para “esa sala” y con “esos equipos” que utiliza, pero obteniendo un resultado poco normalizado para otros sistemas de reproducción.

Pero no sólo será importante esta sala en el proceso de mezcla. Si se tiene una escucha adecuada durante el proceso de grabación, a la hora de grabar se podrán realizar los ajustes previos necesarios y óptimos obteniendo un mejor registro. No contar con una buena sonorización puede hacer pasar por alto algún detalle a la hora de grabar y encontrar el problema cuando ya es tarde.

Por tanto, cuando se trabaja en condiciones no óptimas, es obligación por parte del ingeniero conocer como responde la sala y sus equipos en la reproducción de audio y realizar los ajustes teniendo en cuenta estos conocimientos. Una tarea básica para conocer la sala donde se trabaja es realizar multitud de escuchas de archivos de audio de los que se conozca mucho su sonido en distintas salas y con distintos equipos. Otro método de trabajo consiste en, a lo largo del proceso de mezcla, ir realizando exportaciones del trabajo en curso y llevándolo a otros sistemas para tener distintas referencias del trabajo y no dejarse llevar demasiado por la acústica de la sala donde se mezcle. Evidentemente, una vez que se conoce cómo responde la sala ya no es necesario realizar este trabajo, aunque si es recomendable y siempre aporta algo bueno a una producción.

A la hora de diseñar una sala de mezclas de poco servirá aplicar al pie de la letra la teoría ondulatoria, ya que no se cumplirán nunca las condiciones de contorno necesarias (recintos paralelepípedos perfectos con paredes infinitamente rígidas y completamente vacíos). Tampoco servirá de mucho la teoría estadística, ya que para poder aplicarla el campo acústico ha de ser difuso. La única herramienta teórica de utilidad es la teoría geométrica [25].

3.6.1 Tipos de salas de mezcla

A continuación, se resumen algunas de las técnicas, en cuanto al diseño de salas de control, que han sido desarrolladas a lo largo de los años y que pueden encontrarse en [26].

- **Sala Rettinger:** la onda reflejada se ve retardada de la directa debido a las superficies instaladas en el techo y las paredes laterales. La pared trasera se diseña muy absorbente. Tienen buena sonoridad en gran parte de la sala.

- **Sala Non-Environment:** creada por Tom Hidley en 1983. La pared frontal y el suelo son muy reflectantes mientras que el resto de superficies son absorbentes. El objetivo final de estas salas es conseguir un monitorizado de la señal de los altavoces buscando un espacio lo más anecoico posible para los altavoces, por lo que la sala no debería de aportarnos ningún tipo de coloración.

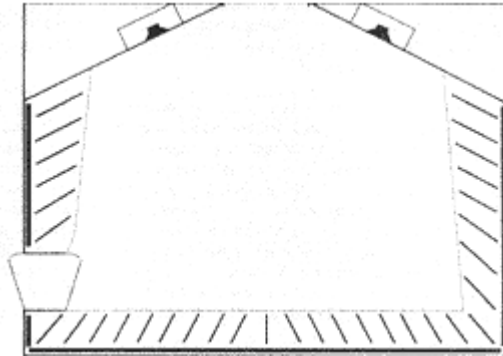


Figura 3.1: Sala Non-Environment

- **Sala LEDE y LEDE mejorado:** la diseñó Don Davis en 1978 y cuenta con una pared anterior muy absorbente eliminando las reflexiones de orden 2 o superior. Posteriormente fue mejorada por Peter D' Antonio y John H. Konnet gracias a los conocimientos aportados por M.R. Schröder en el campo de la difusión y consiste en dar una forma geométrica a la parte posterior del estudio con el fin de eliminar las primeras reflexiones.

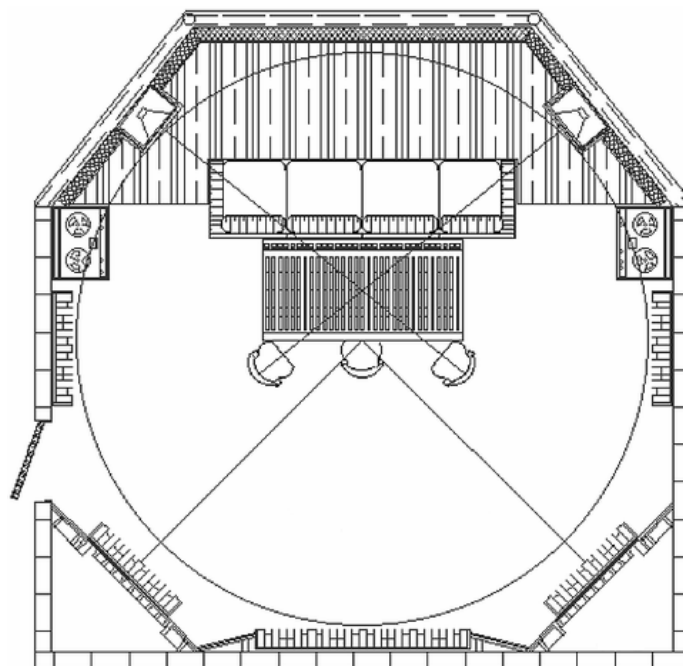


Figura 3.2: Sala LEDE

- **Sala Jensen:** esta sala diseñada por Wolfgang Jensen en los años 70 busca eliminar las reflexiones procedentes de las paredes laterales mediante el uso de absorbentes.

- **Sala Toyoshima:** estas salas cuentan con una pared frontal reflexiva mientras que la trasera es absorbente, eliminando así las posibles ondas estacionarias que se puedan crear entre ambas. Esta sala tuvo gran éxito junto con la sala LEDE.
- **Sala BBC:** se trata de una combinación de las salas Jensen y LEDE realizando ajustes en el techo buscando obtener buena difusión y una escucha buena generalizada en toda la sala.

3.7 Monitores de Referencia (Altavoces)

Un altavoz es un **transductor electroacústico** emisor. Está encargado de convertir señales eléctricas en señales acústicas. La conversión electroacústica se efectúa en dos etapas, una conversión electro-mecánica y otra mecanico-acústica.

Este elemento es crítico a la hora de realizar una producción musical porque es el que nos da la referencia de cómo se están realizando los distintos procesos. Es por ello que se exige de un altavoz la mayor transparencia posible, para así tener total control del trabajo. Pero lo cierto es que un altavoz modifica mucho la señal y en el sector profesional se requiere de inversiones importantes para poder contar con sistemas de monitorizado de calidad.

Los requisitos que debe cumplir un altavoz para uso profesional son los siguientes [27]:

- **Respuesta en frecuencia plana:** este es un objetivo muy difícil de cumplir, y casi todos los altavoces tienen una respuesta en frecuencia irregular.
- **Respuesta en frecuencia amplia:** el margen de audiofrecuencia comprende desde 20 Hz hasta 20 kHz. No obstante, es difícil que un único altavoz cubra ese margen por completo. Así, un sistema de dos vías debería estar integrado por dos altavoces: el primero cubriría de 20 Hz a 640 Hz, y el segundo de ahí a 20 kHz. Un sistema de tres vías estaría dividido en tres rangos, el primero de 20 Hz a 200 Hz, el segundo de 200 Hz a 2 kHz y el tercero el resto.
- **Poca distorsión:** igualmente, este requisito es difícil de conseguir. Debido a los componentes mecánicos que lo componen, el altavoz es el elemento que más distorsiona en la cadena de reproducción sonora.
- **Buena respuesta a transitorios:** el altavoz ha de tener una rápida respuesta temporal ante cambios bruscos de la señal eléctrica. Esta característica está relacionada con la respuesta en frecuencia del altavoz, especialmente con la existencia de resonancias mecánicas poco amortiguadas.
- **Eficiencia y rendimiento:** cuantifica el porcentaje de energía eléctrica que un altavoz transforma en radiación sonora. Interesa que sea lo más alta posible.

- **Directividad:** idealmente interesa que un altavoz mantenga la directividad con la frecuencia. De ese modo, los oyentes fuera de eje escucharían el mismo balance frecuencial que aquellos que están en eje con el altavoz.

Los altavoces se clasifican según su transductor electro-mecánico (TEM) o según su rango de frecuencias útil.

Clasificación según su TEM:

- **Altavoz dinámico o de bobina móvil:** utiliza la misma filosofía que un micrófono dinámico. El diafragma del altavoz es solidario a una bobina que rodea a un imán permanente, el cual es alimentado eléctricamente. Las variaciones en el campo magnético producidas por variaciones de la corriente eléctrica hacen que la bobina se mueva, vibrando a su vez el diafragma, el cual empuja el aire de su superficie creando energía acústica. Este altavoz es el más utilizado en la actualidad en todo tipo de aplicaciones.
- **Altavoz de cinta:** es similar al de bobina, pero con algunas diferencias. La más notable es que en lugar de una bobina tiene una cinta corrugada.
- **Altavoz electrostático:** misma filosofía que el micrófono de condensador. El diafragma es una de las placas que componen un condensador, el cual almacena la tensión eléctrica que se le suministra. Las variaciones de esta tensión producen una variación en la separación de las placas, empujando el aire que hay en la superficie de la placa móvil. Se suelen usar como altavoces de agudos o *tweeter* en sistemas de varias vías.

Clasificación según su rango de frecuencias:

- **Altavoces de graves:** también conocidos como *woofers*, reproducen las frecuencias más bajas, hasta unos 500 Hz. También existen los subwoofers, dedicados para reproducir las frecuencias más bajas de la audiofrecuencia (<180 Hz).
- **Altavoces de medios:** dedicados a reproducir las frecuencias centrales de la audiofrecuencia, es decir, superiores a 500 Hz e inferiores a 5 kHz.
- **Altavoces de agudos:** también conocidos como *tweeters*, reproducen las frecuencias superiores a 5 kHz.

También se pueden clasificar los altavoces según cómo se fabriquen y cómo sea el recinto resonador que utilizan:

- **Altavoces de Pantalla Infinita:** consiste en un sistema de colocación para un altavoz dinámico. Un problema de los altavoces es que aunque están diseñados para emitir en una dirección, es inevitable que emitan en la dirección opuesta, generando interferencias de fase. Para evitarlo se integra el altavoz en una gran

superficie plana (por ejemplo, una pared) dejando el diafragma en el mismo plano que la superficie. El tamaño de la superficie hará muy complicado que se generen interferencias.

- **Altavoz Bassreflex:** es un sistema de construcción de altavoces para mejorar la respuesta en bajas frecuencias. En una de las paredes de la caja se abre una puerta (orificio en forma de tubo) y todos los parámetros que afectan al volumen interno de la caja están previstos para que el aire en el interior del tubo resuene en una frecuencia baja determinada.

Durante todos los procesos existentes en una producción musical, ya sea la grabación, mezcla o masterización, serán necesarios unos monitores de referencia o altavoces adecuados. Además de hacer una buena elección de los altavoces, también será necesario realizar una buena colocación dentro de la sala, que dependerá de la propia sala, la disposición de los oyentes, y la disposición de los equipos y materiales que se encuentren en ella.

Si nos fijamos en el proceso de grabación, dos son los tipos de altavoces que se van a necesitar. Los primeros son los que utilizarán los músicos que van a grabar. Estos se encuentran en la sala de grabación, la cual se dispondrá con los instrumentos y los micrófonos convenientes. En una clásica grabación multipista, al músico se le pasará una referencia de lo que se haya grabado hasta el momento (si no hay nada, mínimo se le pasará una claqueta para sincronizar la música en el tiempo). Es evidente que la referencia que se le pase deberá escucharla solo él mediante auriculares para evitar que los micrófonos capten esa señal (únicamente deberán recoger el sonido generado por el instrumento a grabar en ese momento). Por tanto, lo mejor es utilizar unos auriculares cerrados tipo circumaurales, que son los que menos sonido emiten al exterior.



Figura 3.3: Auriculares Circumaurales (cerrados)

Luego, el ingeniero encargado de la grabación deberá escuchar fielmente la señal que se está grabando, ya que es la única referencia que tiene de la calidad que se está obteniendo. Además, debe poder detectar cualquier problema que esté experimentando la grabación, tal como una mala colocación de los micrófonos, ruido de fondo, etc. En muchas ocasiones bastaría con una escucha mono, pero si se están utilizando técnicas de microfoneo en estéreo, será necesario evidentemente poder contar con dos escuchas. Una característica deseada de estos altavoces será que tenga una respuesta lo más plana y menos coloreada posible. Típicamente se utilizarán monitores de “campo cercano”, ya que están diseñados para ofrecer el mejor rendimiento y calidad a una escucha cercana, y de ese modo minimizar el efecto producido por la sala en la escucha.

En el proceso de mezcla se contará también con unos altavoces de campo cercano. Estos altavoces ofrecen una respuesta muy plana en un rango de frecuencias ancho y a una distancia pequeña (entre 1 y 3 metros). Normalmente se tratará de monitores, ya sean pasivos o autoamplificados, de varias vías (habitualmente dos). Se contará con un altavoz de rango ancho, con un cono grande, y luego un *tweeter* de entre 1 y 2 pulgadas para las frecuencias más agudas. Interesa que el cono de los graves sea superior a 6 pulgadas para dar una respuesta en graves más adecuada, y poder obtener frecuencias por debajo de 70 Hz, donde puede haber muchos problemas si no se tiene definición en ese rango. Por otra parte, también es habitual contar con un *subwoofer*, o altavoz de subgraves para hacer trabajar menos a los altavoces principales, realizando un corte de graves sobre los 180-220 Hz.

La colocación del altavoz de subgraves es menos crítica que la de los principales dado el comportamiento omnidireccional de las ondas de gran longitud de onda. En los otros altavoces si es muy importante. Normalmente se intenta que estén lejos de las paredes, formando un triángulo equilátero donde dos vértices son los altavoces y el tercero la cabeza del ingeniero. Influye también la superficie que hay entre los altavoces y el oyente por los rebotes que se puedan ocasionar y también la superficie donde apoyan, ya que puede haber una transmisión estructural. Por ello, muchas veces se colocará una superficie aislante en la base del altavoz.

Por último, en la masterización, serían necesarios unos altavoces que tengan una respuesta muy uniforme y que alcancen el máximo rango de frecuencias audible, así como niveles de presión elevados, para tener una buena referencia en todo el espectro. Se suele trabajar también con altavoces de gama alta en Hi-Fi, debido a que será el tipo de equipo más común donde se reproducirán las producciones que se realicen. En el proceso de masterización es típico contar con varios modelos de monitores ya que se busca estandarizar el sonido de modo que en todos los equipos se escuche relativamente parecido. Por ello, se tendrá mejor criterio cuantas más escuchas se prueben.



Figura 3.4: Estudio de Masterización Mastering Mansion Madrid

Para más información sobre los altavoces, consultar la bibliografía [27].

3.8 Procesadores de Frecuencia

A lo largo del **Proceso de Mezcla** se realizan una serie de procesos sobre los archivos de audio con el fin de mejorar el resultado sonoro final. Uno de esos procesos es la ecualización, llevada a cabo por los **procesadores de frecuencia** o **ecualizadores**.

La **EQ**, o ecualización, es uno de los procesos más comunes y útiles en una producción musical. Con este procesador se tiene control sobre el espectro frecuencial de la señal que se esté procesando. Se puede filtrar o excitar ciertas frecuencias mediante una variación de la amplitud.

Realizando los ajustes de ecualización oportunos se puede, por ejemplo, mejorar la inteligibilidad de una pista. También sirve para mezclar distintos instrumentos que comparten frecuencias o modificar ciertas frecuencias por problemas en el proceso de grabación. Actualmente, aunque también se utilizan para corregir las limitaciones que puede tener un micrófono o una sala (por ejemplo enfatizando graves que no recoge un micro o agudos que se pierden en una sala por la absorción), lo habitual es utilizarlos para empastar un conjunto de pistas de audio en el proceso de mezcla. Y es que si una pista de audio suena bien al reproducirla ella sola, no implica que suene bien al reproducirla en conjunto. Suele haber problemas de **enmascaramientos** frecuenciales que se deben corregir con este tipo de procesador.

El enmascaramiento es un fenómeno que se estudia en psicoacústica y determina de qué manera la presencia de un sonido afecta a la percepción de otro sonido. Si un sonido impide la percepción de otro se dice que lo enmascara. Esto es debido a que se produce una modificación del umbral auditivo en la escucha siendo necesaria una variación temporal o de volumen en alguno de los sonidos (el enmascarado o el enmascarador) y que de ese modo se puedan escuchar ambos [28]. Por tanto, existen dos tipos de enmascaramiento: el simultáneo y el no simultáneo. Si no es simultáneo, el sonido enmascarador produce un pre-enmascaramiento y un post-enmascaramiento. Cuando el sonido es simultáneo se producen diferentes enmascaramientos en función del tipo de sonido (tonos puros, sonidos de banda ancha, ruido, etc.). Básicamente se produce un enmascaramiento frecuencial representado por una curva o umbral auditivo.

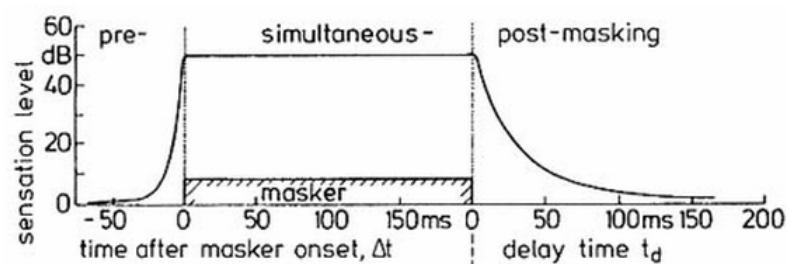


Figura 3.5: Enmascaramiento no simultáneo

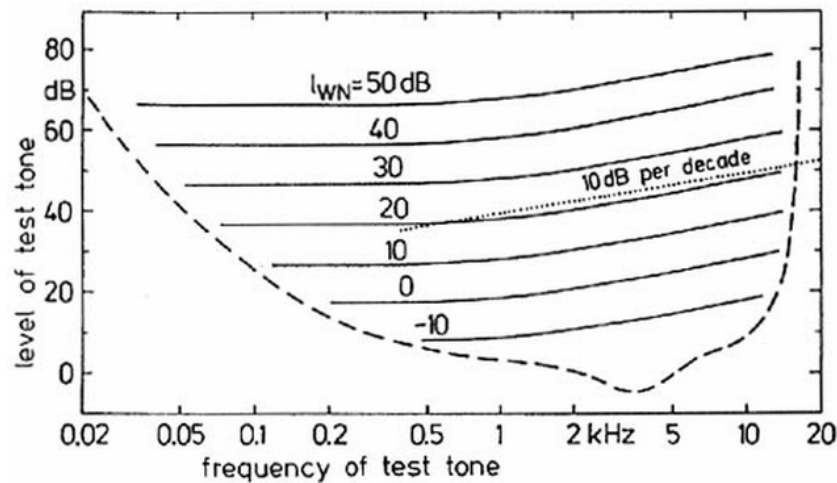


Figura 3.6: Enmascaramiento simultáneo: umbral producido por ruido de banda ancha

Por otra parte, el ecualizador es un procesador cuya utilización dota de carácter al audio que procesa. Muchas veces es utilizado para dar pequeños matices, casi inapreciables por un oído inexperto pero hace que en conjunto se mejore mucho la calidad sonora.

El rango de audiofrecuencia (20 Hz a 20 kHz) se puede dividir en subrangos útiles cuando se trabaja con ecualizadores: graves (20 Hz a 250 Hz), medios graves (250 Hz a 500 Hz), medios (500 a 2 kHz), medios agudos (2 kHz a 6 kHz) y agudos (6 kHz a 20 kHz) [29].

Los ecualizadores, por lo general, pueden llegar a tener tres parámetros ajustables:

- **F** (frecuencia): indica la frecuencia central seleccionada.
- **G** (ganancia): indica la medida de excitación o atenuación de la frecuencia.
- **Q** (factor de calidad): indica cómo se ven afectadas (pendiente de la respuesta en frecuencia) las frecuencias cercanas a F cuando se le aplica una ganancia. Cuanto más alto es Q , menos frecuencias se ven afectadas.

Existen tres tipos básicos de ecualización [29]:

- **Peak**:: este tipo de ecualización es aquella que excita o atenúa una frecuencia determinada
- **Shelving**: marcada una frecuencia concreta, se excitan o atenúan todas las frecuencias hacia uno u otro de los extremos de la audiofrecuencia. La Q indica la pendiente de la curva de ecualización hasta llegar a F .
- **Filtro**: según el tipo de filtro aplicado, un grupo de frecuencias concretas son eliminadas. La Q determina la pendiente de la curva del filtro y se expresa en dB (6, 12, 24, etc.) por octava. Los tipos de filtros son:
 - **Paso alto**: filtra todas las frecuencias graves desde F . Solo deja pasar las frecuencias superiores a F .
 - **Paso bajo**: filtra todas las frecuencias agudas desde F . Solo deja pasar las frecuencias inferiores a F .

- **Paso banda:** filtra todas las frecuencias salvo una banda determinada por F y Q .
- **Banda eliminada:** filtra una banda de frecuencias determinada por F y Q .

Existen distintos tipos de ecualizadores, cada cual usado para ciertas funciones dentro del audio profesional. No obstante, para el proceso de mezcla, tres son los tipos de ecualizadores más usados: los ecualizadores gráficos, los paramétricos y los semiparamétricos.

Ecualizador Gráfico

Dependiendo de la marca y modelo cuenta con una cantidad determinada de bandas de frecuencia. El más común es el de tercio de octava, con un total de 31 potenciómetros.

Se compone de diferentes ecualizadores tipo *peak*, y el único control que se tiene sobre cada banda es el de la ganancia, G , sin posibilidad de modificar el factor de calidad, Q , que viene definido según el modelo y marca del EQ.

Para dos filtros contiguos existe una relación entre las frecuencias centrales que es $F_2 = k \cdot F_1$. Y la relación entre los anchos de banda a -3 dB es $\Delta F_2 = k \cdot \Delta F_1$. De esta manera se define Q como [24]:

$$Q_1 = \frac{F_1}{\Delta F_1}; Q_2 = \frac{F_2}{\Delta F_2}$$

Ecualizador Paramétrico

Este ecualizador permite el control individual de los tres parámetros: la frecuencia, la ganancia y el factor de calidad (F , G y Q).

En los equipos profesionales es normal encontrarse con un banco de 4 o 5 ecualizadores paramétricos, cada uno cubriendo un rango del margen de audio (graves, medios graves, medios, medios agudos y agudos), de tal modo que se cubra todo el margen audible. Este ecualizador permite un control casi total del espectro (sobre todo los EQ digitales) pudiendo generar con él cualquier tipo de ecualización.

Por ejemplo, es típico utilizar este tipo de ecualizador para obtener un conocido filtro denominado **filtro notch** o filtro ranura. Este tipo de filtro se utiliza para eliminar frecuencias o bandas frecuenciales muy estrechas. Estas frecuencias se eligen por contener ruidos o señales parásitas como puede ser la señal de la red eléctrica. También se usa para eliminar realimentaciones acústicas. Y sobre todo para atenuar las resonancias que pueden generar ciertos instrumentos por la sala o ubicación del micrófono.

Por tanto, el ecualizador paramétrico permite un control total sobre la señal, pero es importante utilizarlo con medida ya que su uso puede generar cambios en el sonido antinaturales.

Existen dos modos de utilización: para corrección de deficiencias y para aplicar carácter. Es recomendable aplicarlo, por lo general, para el primer uso, ya que por sus características permite una total libertad para modificar el espectro. También permite trabajar con un rango de frecuencias más amplio. Para aplicar carácter existe otro tipo de ecualizador que, aunque se puede obtener con un paramétrico, es más cómodo de usar y da mejores resultados: el ecualizador semiparamétrico.

Ecualizador Semiparamétrico

Este ecualizador viene a ser como un paramétrico, pero no permite un control total de todos los parámetros. Normalmente suelen ser ecualizadores que tienen un factor de calidad Q fijo, o variable entre dos valores, estrecho y ancho. Incluso puede que tengan las frecuencias también fijas.

Este tipo de ecualizador es el que suele venir clásicamente incorporado en las mesas de mezcla. Normalmente, cada canal de una mesa de mezclas profesional viene con un conjunto de ecualizadores formando la sección de ecualización, e incluye:

- **Filtro Paso Alto:** sirve para eliminar las frecuencias graves y subgraves. Suele tener una frecuencia de corte seleccionable y menor de 160 Hz. Q constante.
- **Filtro Shelving de graves:** aumenta o disminuye la amplitud de todas las frecuencias por debajo de una frecuencia de corte seleccionable, típicamente por debajo de 500 Hz. Q constante.
- **Ecualizador medios-graves:** permite controlar la ganancia y la frecuencia central del ecualizador dentro de la banda de medios graves. El factor de calidad es constante o seleccionable entre dos valores.
- **Ecualizador medios-agudos:** permite controlar la ganancia y la frecuencia central del ecualizador dentro de la banda de medios agudos. El factor de calidad es constante o seleccionable entre dos valores.
- **Filtro Shelving de agudos:** aumenta o disminuye la amplitud de todas las frecuencias por encima de una frecuencia seleccionable, típicamente por encima de 8 kHz. Q constante.

Como se ha indicado, los ecualizadores también pueden emplearse para cambiar el carácter o el sonido de un instrumento. Para hacerlo, es necesario alterar los armónicos o la frecuencia fundamental. Hay que tener en cuenta una cosa muy importante, y es que si se alteran todos los instrumentos por separado, a la hora de luego mezclarlos no es seguro que se obtenga un buen resultado en la mezcla.

Cualquier fuente sonora produce sonido en una determinada zona del espectro de

frecuencias audibles, que es donde actúan los ecualizadores alterando esta respuesta en la frecuencia.

Es posible que este tipo de procesador sea de los más complejos a la hora utilizar en el proceso de mezcla dada la educación previa que debe tener el oído para su correcto uso.

3.9 Procesadores de Dinámica

En el proceso de mezcla muchas veces es necesario modificar la amplitud de las señales grabadas a lo largo del tiempo. Por ejemplo, un percusionista no golpea siempre su instrumento con la misma fuerza, y para algunos estilos musicales es bueno obtener una señal con un nivel más o menos constante. Otro ejemplo es para la voz, donde un cantante va perdiendo fuerza en los finales de frase y, aumentando la ganancia en esos finales, obtenemos una señal más lineal, y por tanto, una inteligibilidad mayor de palabra. Otro ejemplo es en aquellos instrumentos que se han grabado utilizando micrófonos y hay momentos donde dejan de sonar. Es interesante que en esos momentos la señal se atenúe evitando posibles ruidos en la grabación.

Estas variaciones de amplitud podrían hacerse de modo manual, pero supondría un trabajo complejo y lento. En otros tiempos, los ingenieros de sonido tenían gran pericia para realizar esta labor manualmente, pero en la actualidad son los procesadores de dinámica los que realizan este trabajo automáticamente, ajustando previamente ciertos parámetros que controlan el proceso.

Se denomina **margen dinámico** de una señal al valor medido en dB que hay entre el nivel más pequeño y el más alto que produce dicha señal. Estará definido por lo general entre el sonido útil más débil y el valor de pico de la señal. Un procesador de dinámica trabaja directamente sobre este valor modificándolo a nuestro antojo según nuestras necesidades. El margen dinámico de una señal también puede dividirse en rangos frecuenciales. Es por ello que existen procesadores de dinámica multibanda, donde se ajustan los parámetros en función de los rangos de frecuencia.

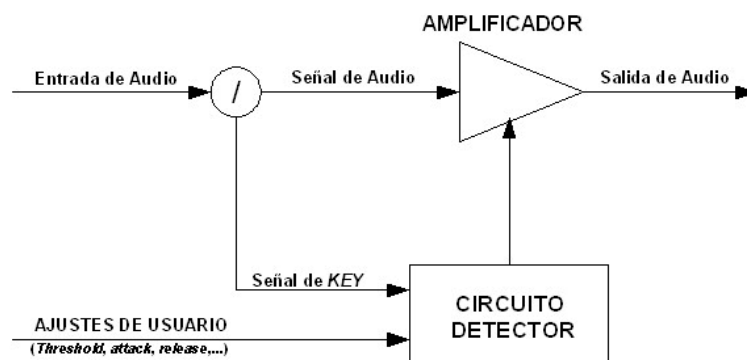


Figura 3.7: Esquema general de un procesador de dinámica. Figura extraída de [24].

Este es el esquema general de un procesador de dinámica. Consta de dos elementos importantes, el **amplificador** y el **detector**. En función de la señal que recibe el detector genera variaciones en el amplificador. Normalmente la señal de entrada en el detector y en el amplificador es la misma (si la entrada al detector es externa se le denomina *sidechain*). Ajustando ciertos parámetros del detector se puede tener control del amplificador. Estos parámetros son:

- **Nivel de entrada y de salida (dB)**: al tratarse de procesadores que controlan la amplitud de la señal y su dinámica, resulta muy útil poder controlar en nivel de entrada de la señal al procesador, y el nivel de salida de la señal una vez procesada.
- **Nivel de umbral o *threshold* (dB)**: este parámetro controla el nivel de señal a partir del cual el procesador funciona o deja de funcionar. Guardará relación con el nivel de entrada al detector y su ajuste es básico a la hora de obtener buenos resultados.
- **Tiempo de ataque y relajación (ms)**: Debido a las continuas variaciones de ganancia en los procesadores de dinámica se producen transitorios como consecuencia de los retardos existentes entre la variación de nivel de la señal, la detección en el circuito detector y la modificación de ganancia en el amplificador. Para tener control sobre estos transitorios y retardos se utilizan unos tiempos de ataque y relajación que controlan el tiempo que transcurre desde que el procesador de dinámica está sin actuar hasta que genera una modificación de ganancia en respuesta a una detección en el circuito, y viceversa.
- **Tiempo de mantenimiento o *hold* (ms)**: es el tiempo mínimo que actuará el procesador de dinámica una vez detectado mediante el nivel de umbral.

3.9.1 Tipos de procesadores de dinámica

3.9.1.1 Compresor

Este procesador de dinámica es el más utilizado en las producciones musicales. Se utiliza para reducir el margen dinámico de las señales. Con ello se consigue mejorar la señal en algunas características esenciales:

- Mayor inteligibilidad de los instrumentos.
- Mayor control dinámico de la señal, generando consistencia al conjunto.
- Mayor potencia sonora general, ya que reduciendo el margen dinámico se puede aumentar posteriormente la ganancia de toda la señal obteniendo mayor nivel RMS para igual valor de pico.
- Corrección de niveles en instrumentos percusivos.
- Control del ataque de los instrumentos, es decir, controlar los primeros milisegundos de ciertos instrumentos, donde existe mucha información de la ejecución del instrumento.
- Control del sonido de sala al amplificar los niveles bajos de señal, que suelen ser los propios de la reverberación de la sala.

- Reducción de picos de señal transitorios y aumento de señal de bajo nivel.

El ruido de fondo que acompaña a la señal también sufre una compresión y puede ser percibido, ya que $SNR_{salida_del_compresor} < SNR_{entrada_del_compresor}$.

Existen diversos tipos de compresores [24], pero los más utilizados son los siguientes:

- Compresor de ganancia constante.
- Compresor limitador.

Compresor de Ganancia Constante

Este compresor se caracteriza por disponer de una ganancia constante en todo el régimen dinámico de la señal. Por tanto, para señales inferiores a un valor, simplemente actuará como un amplificador. El diagrama que responde a la entrada-salida del compresor es el siguiente:

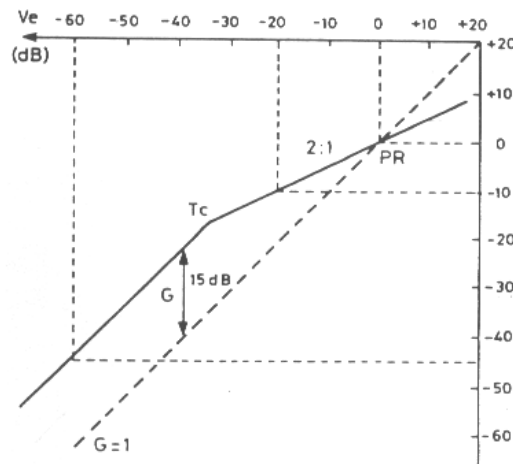


Figura 3.8: Diagrama entrada-salida compresor de ganancia constante. Figura extraída de [24].

Las magnitudes que aparecen en la figura son las siguientes:

- V_e / V_s : Tensión de entrada y de salida del compresor (dB).
- PR: punto de rotación (dB).
- RC: relación de compresión (N:1).
- TC: umbral de compresión (dB).
- G: factor de compresión o ganancia (dB).

Este compresor, al igual que el resto de procesadores de dinámica, actuará de distinto modo dependiendo de si el nivel de señal (L_e) es inferior al TC o superior.

$$\text{Si } L_e > TC \Rightarrow L_s = \frac{L_e + PR \cdot (RC - 1)}{RC}$$

$$\text{Si } L_e < TC \Rightarrow L_s = L_e + G$$

Compresor Limitador

Este compresor viene a ser como el de ganancia constante pero sin aplicar la ganancia. Su funcionamiento responde al siguiente diagrama:

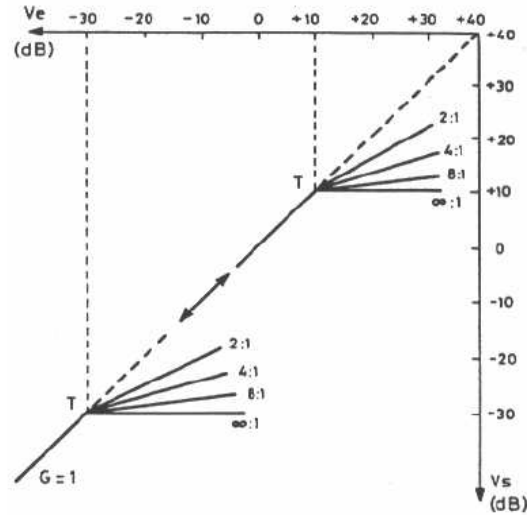


Figura 3.9: Diagrama entrada-salida compresor limitador. Figura extraída de [24].

Este compresor actuará de acuerdo a si el nivel de señal (L_e) es inferior al TC o superior.

$$\text{Si } L_e > TC \Rightarrow L_s = \frac{L_e + TC \cdot (RC - 1)}{RC}$$

$$\text{Si } L_e < TC \Rightarrow L_s = L_e$$

Como se puede apreciar, para valores de entrada inferiores al umbral de compresión el procesador no actúa y es transparente a la señal.

Comúnmente se le atribuyen dos modos de uso. Como compresor para relaciones de compresión bajas y como limitador para relaciones de compresión altas. Se le denomina limitador porque cuando la relación de compresión es alta, se produce un efecto límite en el nivel de señal que produce a la salida, funcionando como limitador puro cuando $RC \rightarrow \infty$.

En el proceso de *mastering* es común usar un limitador acompañado de un procesador conocido como **maximizador**. Con esto forzamos la señal a aumentar de ganancia a costa de una compresión agresiva, pero siempre limitando lo más próximo a 0 dBFS (*decibels full scale*) [31], nivel máximo que puede tomar una señal en el dominio digital.

Los tiempos de ataque y relajación han de configurarse dependiendo de la señal de entrada [24]. Si el tiempo de ataque es largo se producirá un sobreimpulso, mientras que si es corto puede haber una pérdida de sonoridad. Tiempos cortos producirán un efecto de apagado en los picos de señal, nada deseado en instrumentos percusivos o de sonoridad explosiva como puede ser el *slap* o *staccato*. Un tiempo largo puede llegar a

hacer que el compresor no afecte apenas la señal o que lo haga de manera errónea. Por otra parte, el tiempo de relajación es un parámetro difícil de calcular, pues depende mucho del tipo de sonido que se esté procesando y es necesario tener un control de los cambios que produce en la sonoridad la variación de este valor. Valores entre los 50 ms y 1 segundo son normales. Tiempos muy largos pueden producir estrangulamiento afectando a señales posteriores que no se desea comprimir, y si es corto puede producir un bombeo de señal generando un efecto indeseado.

3.9.1.2 La Puerta de Ruido

La puerta de ruido o *Noise Gate* se utiliza, por lo general, para atenuar o eliminar la señal con poco nivel que se recoge en un micrófono. Por lo general, la señal con poco nivel será la que no se desea ya que de otra manera habría que amplificar la señal de entrada para que fuera óptima. De este modo se evitan los ruidos o sonidos no deseados que se captan por el micrófono.

Un ejemplo de uso sería para eliminar el ruido de fondo que se recoge cuando no está emitiendo sonido una fuente que se esté grabando. Otro uso puede ser el de aislar la señal en tomas grabadas con varios micrófonos, como en una batería, de modo que la señal recogida por el micrófono que se utiliza para un elemento se enmudezca cuando no es tocado ese elemento. De esta manera se evita que se introduzcan otros elementos en micrófonos no destinados a recoger su sonido.

Conviene configurar correctamente los parámetros de una puerta de ruido para que funcione adecuadamente [32].

La puerta de ruido responde al siguiente gráfico:

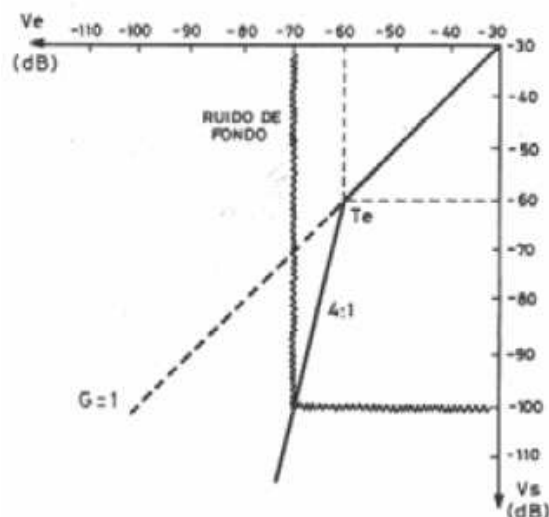


Figura 3.10: Diagrama entrada-salida puerta de ruido. Figura extraída de [24].

Cuando la señal cae por debajo del nivel de expansión o *threshold* (T_e), la puerta de ruido comienza a actuar cerrándose. Es decir, se produce una atenuación que estará

definida por la relación de atenuación (1:N). Este control se ajustará lo más bajo posible sin que ocurran aperturas en falso y sin perder nada de la señal deseada.

El tiempo de ataque es el tiempo que tarda la puerta en abrirse una vez que la señal supera el nivel de T_e . Normalmente se ajusta lo más rápido posible sin que haya distorsión (puede ser desde microsegundos hasta pocos milisegundos). La distorsión puede aparecer debido a que se abra la puerta mientras que suena una onda grave, que es más lenta, y se escuche la variación del sonido. Por su parte, el tiempo de relajación deberá ser más lento para evitar perder sonido útil, como puede ser los finales de palabra. El tiempo de relajación oscilará entre los milisegundos y pocos segundos.

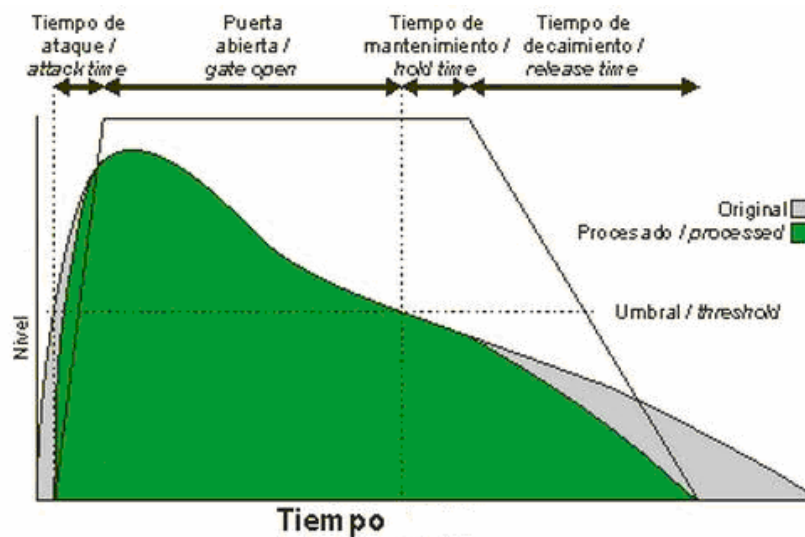


Figura 3.11: Diagrama de tiempos que afectan a un procesador de dinámica. Figura extraída de [32].

3.9.1.3 El expansor

El expansor es un dispositivo encargado de amplificar señales de nivel superior a un umbral y atenuarlas cuando el nivel es inferior al mismo umbral. Viene a comportarse como una puerta de ruido para niveles bajos (sin llegar a atenuar del todo, aunque se podría) y como un maximizador para niveles altos. También puede entenderse como un compresor inverso, ya que lo que se está consiguiendo con este procesador es aumentar el rango dinámico de la señal.

El expansor más utilizado es el de **ganancia constante** y las magnitudes con las que trabaja se asemejan a las del compresor:

- PR: punto de rotación (dB).
- FE: factor de expansión (dB).
- TE: umbral de expansión (dB).
- RE: relación de expansión (N:1).

Responde al siguiente diagrama:

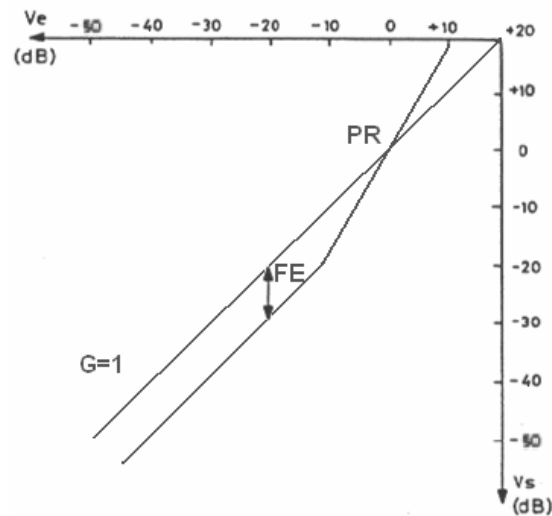


Figura 3.12: Diagrama entrada-salida expensor de ganancia constante. Figura extraída de [24].

Y al igual que el compresor, actuará de acuerdo a si el nivel de señal (L_e) es inferior o superior al nivel TE.

$$\text{Si } L_e > TE \Rightarrow L_s = L_e \cdot RE - PR \cdot (RE - 1)$$

$$\text{Si } L_e < TE \Rightarrow L_s = L_e - FE$$

Si este tiempo de ataque es largo implicará un aumento lento de la amplificación, mientras que si es corto los cambios guardarán más relación con la señal original pero con más dinámica.

El tiempo de relajación será el tiempo necesario para reducir, en la misma proporción, la ganancia tras una disminución brusca del nivel de entrada. Si el tiempo de relajación es largo, se producirá un alargamiento de la caída, mientras que si es corto se obtendrá de nuevo un mejor seguimiento de la señal original.

3.9.1.4 El De-esser

Este procesador es capaz de reducir el nivel de silibancia (presencia del fonema /s/) en una señal gracias a una compresión de las altas frecuencias presentes en dicho fonema.

El *de-esser* es un compresor o limitador de frecuencias específicas, diseñado para comprimir una determinada banda de frecuencias dentro de una señal de audio compleja y con ello eliminar el siseo de la señal.

Es mejor utilizar el *de-esser* que el ecualizador para solucionar este problema porque la compresión del de-esser sólo actúa cuando hay presencia de silibancias, mientras que el ecualizador estaría modificando constantemente la señal eliminando dichas frecuencias cuando existe silibancia y cuando no [33].

3.10 Procesadores de Efectos

Los procesadores de efectos también, conocidos como **procesadores de tiempo**, se encargan de añadir sonido al ya existente a partir de las pistas de audio grabadas. Importante el término añadir, porque así como los procesadores de dinámica se usan por lo general para modificar el audio existente, los procesadores de efectos, por lo general, modifican una señal auxiliar duplicada de la original, de modo que a la salida tengamos señal original más señal procesada.

Muchos procesadores de efectos pretenden emular el sonido existente en la realidad para, de ese modo, camuflar la pérdida de realidad producida por el proceso de grabación. Por el contrario, otros procesadores sólo buscan incluir un efecto concreto y artístico a la producción haciendo uso de la tecnología.

3.10.1 La Reverb

El procesador de efectos más común y utilizado es la “**Reverb**”. La razón de tal hecho es el uso extendido de las grabaciones multipista. Dado que en las grabaciones multipista se realiza normalmente un microfoneo próximo a la fuente, se pierde mucha componente sonora propia de la sala, o lo que es lo mismo, la reverberación natural que tiene un instrumento en una sala en concreto. Una razón por la que se realiza este tipo de microfoneo es debido a que no siempre la reverberación de la sala es la que se querría introducir en una producción de audio en particular. Es evidente que existen salas tratadas acústicamente para obtener una reverberación natural en concreto, y en ese caso, los micrófonos y las técnicas empleadas para grabar se aplican de modo que registren el sonido de sala (señal de *room*). Pero en la mayoría de los casos, las salas de grabación se fabrican de tal modo que permitan obtener señales secas, sin reverberación apenas, de manera que sea posteriormente en el proceso de mezcla donde se introduzca dicha reverberación artificialmente haciendo uso de procesadores de efectos.

La reverberación es la persistencia que ofrece el sonido emitido en un recinto debido a las reflexiones existentes en las distintas superficies del recinto que atenúan y modifican frecuencialmente la señal y llegan al receptor más tarde que la señal directa por la diferencia de caminos recorridos. Por tanto, toda persona que escucha el sonido emitido por un emisor, está siempre escuchando el sonido directo emitido más las reflexiones de ese sonido en las paredes del recinto donde estén ubicados emisor y receptor.

Se pueden distinguir dos grupos de señales que llegan al oyente aparte del sonido directo: las primeras reflexiones y la reverberación propiamente dicha.

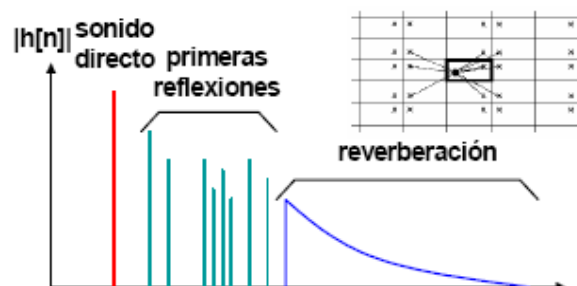


Figura 3.13: Gráfico de sonido directo, primeras reflexiones y reverberación en función del tiempo

Las primeras reflexiones determinan la localización de la fuente e impresión espacial (tipo, tamaño y propiedades acústicas) del recinto. La reverberación está formada por una gran densidad de reflexiones (son reflexiones de reflexiones) cuya energía decae con el tiempo. El tiempo que tarda estas reflexiones en descender por debajo de 60 dB respecto a la señal original define lo que se conoce como **tiempo de reverberación**.

Se recomienda consultar la bibliografía [24] para conocer cómo se conforman los dispositivos de reverberación artificial.

Existen multitud de tipos de configuraciones de reverberadores que se programan para conseguir un efecto u otro [34]. Ejemplo de tipos de reverb son: **Room**, que emula espacios reducidos, **Hall**, que emula salas grandes, **Cathedral**, para simular iglesias y catedrales, **Plate**, que simula un tipo de reverb de *hardware* concreta que se producía con planchas metálicas que vibran, **Spring**, o reverb de “muelles”, también muy utilizada en guitarras, **Gate**, una reverb unida a una puerta de ruido, **Inverse**, que se trata de una reverb que suena al revés, primero la cola y luego las primeras reflexiones, etc.

Todas estas configuraciones de reverb tienen los mismos parámetros que se pueden controlar para, de ese modo, poder editar la señal reverberante y ajustarla a la producción musical para la que se vaya a usar. Estos parámetros son los siguientes [34]:

- **Early Reflections:** este parámetro controla el nivel de las primeras reflexiones.
- **Reverb Time o Decay:** controla el tiempo de reverberación para que sea más rápida o más lenta la atenuación del nivel de las reflexiones.
- **Size:** ajusta el tamaño de la sala que se intenta simular afectando al sonido reverberante en cuanto a tiempos entre reflexiones.
- **Density:** trabaja la densidad de las reflexiones de modo que sean de distintos tipos o más homogéneas.
- **Difusión:** hace alusión a los materiales que conforman la sala y que afectan a las reflexiones.
- **Pre-Delay:** este parámetro controla el tiempo entre la señal original y las primeras reflexiones.

El procesador de reverberación que se ha presentado hasta ahora es un procesador digital que, mediante algoritmos y usando como materia prima el sonido directo que se le entrega a la entrada, obtiene una simulación de sonido reverberante para añadir a la señal original y crear una sensación natural de espacio. Estos procesadores han evolucionado mucho y en la actualidad se pueden encontrar dispositivos de calidad y que ofrecen unos resultados satisfactorios. Aún así, siguen sin poder ofrecer un sonido cálido y natural como el existente en la realidad debido a diversos factores como puede ser los niveles de procesamiento y que no deja de ser una simulación a partir de una señal no reverberante.

Pero existe otro procesador de reverberación que sí consigue estar a la altura de las expectativas que se esperan de un dispositivo tan importante como puede ser una *reverb*. Se trata de los procesadores de **reverberación por convolución**. Gracias a esta tecnología se puede conseguir el sonido reverberante más natural que existe hoy en día. Funciona haciendo uso de impulsos. Un impulso no es más que un sonido muy corto y muy fuerte. El proceso consiste en realizar una grabación de la respuesta de un entorno acústico real a un impulso. Es decir, se reproduce un impulso en un recinto que se desea emular y se graba la respuesta a ese impulso en un determinado recinto, con lo que se contará con una muestra de audio de la reverberación del recinto o entorno que posteriormente se podrá procesar para aplicar dicho efecto a otros archivos de audio. Por ello, para poder usar este tipo de reverb es necesario tener un procesador de reverberación por convolución y una serie de respuestas al impulso reales, que son los tipos de reverb que se podrán utilizar. Cuantos más tipos diferentes de respuestas al impulso, más tipos de reverberaciones diferentes se podrán usar. La ventaja de este tipo de reverberación es la posibilidad de grabar un instrumento en un entorno deseado sin necesidad de desplazarse a dicho entorno.

3.10.2 Delay: unidades de retardo

Estos dispositivos son utilizados en las producciones musicales para obtener distintos resultados: generar efectos artísticos, empastar diferentes instrumentos, apoyar a los procesadores de reverberación, etc.

Se puede distinguir entre *Echo* y *Delay*. La diferencia estriba en que el *echo* es un retardo audible mientras que el *delay* no. De esto sólo depende el tiempo de retardo ya que, superado cierto valor, se pasa de *delay* a *echo*. Este valor está definido por el **efecto Hass** [36], el cual indica que, superados los 50 ms, el retardo es identificado por el cerebro como un suceso distinto al sonido original mientras por debajo de ese valor el retardo y el sonido original son identificados como un único suceso sonoro (este valor es variable en función del tipo de audio al que se apliquen los retardos).

Una manera de gestionar los tiempos de los retardos es basarlos en el *tempo* de la canción de la producción musical con la que se esté trabajando. De tal modo, se puede hacer fácilmente una transformación de las unidades de *tempo* (negras por minuto) a unidades de tiempo (milisegundos). Utilizando múltiplos del *tempo* medido en milisegundos se pueden obtener retardos sincronizados, generando una sensación sonora mucho más agradable que si se trata de retardos fuera de sincronía. Los propios procesadores de efectos digitales suelen incluir ya en sus parámetros una sincronización con el *tempo* seleccionado en el secuenciador.

3.10.3 Efectos de Modulación

Los efectos de modulación procesan las señales generando modulaciones dinámicas de frecuencia debido a la utilización de retardos que varían en el tiempo haciendo uso de un oscilador de baja frecuencia (LFO). Es decir, se utilizan diferentes tiempos de retardo, todos ellos muy cortos, para generar cancelaciones y sumas de fase obteniendo un efecto sonoro característico. También puede haber variaciones de *pitch* o tono en los retardos.

Chorus

Se trata de un efecto de modulación producido con retardos variables en el tiempo, muy cortos y ligeramente desafinados, generando sensación de profundidad. Se utiliza mucho en secciones de cuerda y voces para engrandecer el sonido y dar sensación de más instrumentación.

Flanger

Para producir este efecto que genera un sonido metálico y oscilante se utiliza una línea de retardo variable ajustando el tiempo para cancelar los armónicos impares produciendo una variación cíclica de las cancelaciones. Es muy utilizado en guitarras eléctricas.

Tremolo y Vibrato

Los efectos de modulación denominados *tremolo* y *vibrato* a menudo se confunden ya que el efecto que genera cada uno es parecido, pero lo cierto es que son diferentes y hacen referencia a procesos distintos:

- El *tremolo* hace referencia al efecto generado cuando se realiza una variación periódica en la **intensidad** (volumen o amplitud) de una señal de audio.
- Por otra parte, el *vibrato* es el efecto que se genera cuando la variación es de **tonalidad**. Generalmente es una variación periódica donde se realiza una oscilación cercana al tono original pero lo suficiente pronunciada como para notar el efecto.

Para gestionar la cantidad de efecto y modulación que se desea, los procesadores suelen incluir un parámetro denominado **dry/wet** que sirve para indicar la cantidad de señal procesada que se suma a la original. Cuanta más señal procesada se use mayor será el efecto.

3.10.4 Otros efectos

Vocoders

Este dispositivo es un sintetizador de voz, es decir, crea una voz a partir de un sintetizador de sonido. A la entrada tiene señal de voz real y a la salida ofrece esa voz haciendo uso de sonido artificial. La voz se puede sintetizar como un conjunto de frecuencias fundamentales y armónicos con distintos tipos de filtros producidos por los tractos vocales y demás orificios del aparato fonador humano. Las frecuencias fundamentales y armónicos se pueden producir mediante osciladores y los filtros mediante ecualizadores.

Pitch y Octaver

Estos efectos trabajan sobre el tono de la señal generando señales procesadas en otra tonalidad que al juntar a la original producen un sonido característico (según el tono al que cambien se puede conseguir acordes de diferentes tipos). El *octaver* es un efecto que generalmente reduce en una o dos octavas la señal original y es usado mucho en guitarras y bajos eléctricos.

Overdrive y Excitadores

En muchas ocasiones se utilizan procesadores de efectos que distorsionan la señal, como puede ser el *overdrive*. Existen multitud de distorsionadores y saturadores. Otro ejemplo son los simuladores de amplificadores de guitarra y bajo, cada día de mejor calidad aunque aún no están a la altura de un amplificador real.

Por su parte, los excitadores se suelen usar cuando el sonido es pobre armónicamente hablando. Esto puede ser debido al exceso de uso de instrumentos digitales o de software, los cuales suelen tener una respuesta frecuencial más pobre que los reales. También puede usarse para abrir el plano estéreo o engrandecer una señal.

Se puede obtener más información detallada de todos los procesadores de efectos, sus características, usos y aplicaciones, consultando la bibliografía [35],[37] y [38].

3.11 El Sumador

El **Sumador** es uno de los elementos más críticos en cuanto a fidelidad y calidad de sonido dentro del proceso de producción en un sistema DAW. Es fácil entender la importancia que debe tener dentro de una grabación multipista ya que, finalizado el proceso de mezcla, se hace necesario sumar los datos de todas y a cada una de las pistas para obtener un archivo de audio resultante en un formato estándar, que constará de muchas menos pistas que las usadas en la grabación y mezcla. De hecho, típicamente obtendremos un archivo de audio estéreo que constará de dos pistas. Dos pistas que serán la suma de posiblemente decenas de pistas grabadas, auxiliares, efectos, etc. El proceso por tanto es crítico, y más si trabajamos en un sistema DAW, ya que la suma en digital es posiblemente uno de los problemas más grande con el que nos encontraremos en todo el proceso.

Anteriormente en el pasado, los estudios de grabación realizaban el proceso de mezcla **OTB** (*out of the box*). Este término quiere decir que una vez grabados y registrados los sonidos en algún tipo de formato, el que fuera, extraían los datos para realizar el proceso de mezcla en dispositivos *hardware* externos como pueden ser mesas de mezclas, ecualizadores, procesadores de efectos y dinámica, etc. Pero actualmente, y debido a la creación de los sistemas DAW, cada vez se realizan más producciones **ITB** (*in the box*), es decir, toda la producción se realiza en formato digital mediante *software*. Muchos son los motivos, pero sobre todo los costes de los equipos e infraestructura, que son mucho menores. Otro motivo es la comodidad y rapidez que ofrece trabajar en una plataforma digital como un secuenciador [39].

Existen luego combinaciones de estos dos estilos de trabajo, que es el método más habitual actualmente en los estudios de grabación profesionales. Se trabaja ITB, pero se dispone de ciertos dispositivos externos que obligan a procesar la señal antes de registrarla. También se puede extraer la señal digital posteriormente a la grabación mediante varias conversiones D/A y A/D durante el proceso de mezcla y masterización ITB. Aún así, mientras se siga realizando toda la suma de pistas final ITB y en formato digital se va a tener un problema importante.

El problema de realizar una suma en digital es la limitación que ofrece el propio sistema digital al trabajar con un número finito de palabras y valores que pueden tomar los datos. No sólo eso, en las sumas de datos en digital puede haber degradación, y de hecho la hay, ya que al estar el resultado también cuantizado, implica una limitación de valores. Por tanto, trabajando en digital tenemos dos problemas: una longitud de palabra máxima (el valor máximo es aquel que tiene todos sus bits a -1- y corresponde a 0 dBFS) y además, dentro de ese valor máximo y finito, no existen todos los valores posibles (vienen definido por el número de bits de cada palabra, que implica un número de concreto de valores posibles en todo el rango dinámico).

Estos problemas no existen en el mundo analógico al ser la suma mucho menos destructiva por no existir las limitaciones que ofrece el sistema digital. La suma de tensiones en analógico permite obtener cualquier resultado posible, siempre que no se supere un voltaje que provoque saturación (indicar también que la saturación producida en un sistema digital es mucho más desagradable que la producida en un sistema analógico).

Se propone un ejemplo sencillo para entenderlo. Digamos que se cuenta con un sistema de grabación de 4 bits, de manera que el nivel 0 dBFS es alcanzado cuando se tiene la siguiente palabra: “1111”. Si a este valor se le suma otra muestra a 0 dBFS la representación digital de la suma es la siguiente:

$$1111+1111=11110$$

Como se puede ver, el resultado tiene 5 bits, y trabajando en un sistema de 4 bits sería imposible representarlo. En cuyo caso, el sistema daría una aproximación que no tiene por qué parecerse a la realidad. Cuando se tienen muchas muestras de este tipo seguidas es cuando se oye una saturación digital.

Una solución parcial se encuentra en el modo en el que funcionan los DAW. Un secuenciador internamente, aunque esté trabajando sobre un proyecto a 24 bits, donde todas las pistas han sido grabadas con esta resolución, utiliza una profundidad de bits mayor para realizar los distintos procesos de mezcla. Esto quiere decir que el ordenador puede estar trabajando con 32 o 64 bits en coma flotante o 48 bits en punto fijo, mientras que es el control de salida principal, o Máster, el que trabaja a 24 bits. Por tanto, un canal por sí mismo puede no estar saturado, aunque tenga un nivel muy alto, pero sí estar saturando el Máster [40].

Por lo general, las producciones musicales actualmente se realizan a 24 bits, lo que implica un rango dinámico de 144 dB ($SNR=6.02N+1.76$ dB [41]). Si el ordenador, y por consiguiente el secuenciador, trabaja a una resolución mayor de bits permite tener un margen de *headroom* que evita se pierdan bits en los distintos procesos que se

realizan. *Headroom* es el valor extra que tiene una señal y que está definido entre su valor nominal (en equipos profesionales +4 dBu) y el valor de distorsión.

En el ejemplo anterior, si el sistema hubiera contado con ciertos bits de *headroom*, y posteriormente esa señal fuera restada, o se viera reducido su valor por una atenuación de modo que volviera a valores comprendidos en 4 bits, se podría haber solucionado el problema (aunque seguiría habiendo pérdida de información, pero sin saturación). Trabajar con *headroom* permite tener un margen a la hora de realizar los procesos, pero siempre y cuando se vuelva finalmente a una señal por debajo del nivel de saturación ya que en última instancia, al exportar el sonido existente en el Máster de un proyecto, se hará a la resolución de bits del proyecto.

El sistema DAW, aparte de tener un margen de *headroom* gracias a que el ordenador trabaja con una resolución de bits mayor que la del proyecto, realiza más acciones con el fin de que se deteriore lo menos posible la señal, como puede ser aplicar *dither* utilizando ruido creado con los bits que se han quedado fuera en los distintos procesos [40].

Dicho todo esto, lo cierto es que usando los sumadores integrados en los DAW, el proceso de exportar y obtener el archivo final con la suma de todas las pistas es claramente audible. Cuando se está realizando la mezcla multipista para más tarde exportar el trabajo a estéreo, el resultado es distinto al que se venía oyendo. Hay un proceso de deterioro, redondeo y suma que está afectando de manera muy importante al proyecto y se deben buscar maneras para conseguir una degradación mínima en este proceso tan importante y delicado.

La manera óptima de solucionar esta situación es realizar una suma analógica, donde todas estas limitaciones debidas al trabajo en digital no suceden. Esto significaría extraer todas las pistas de nuestro proyecto individualmente, introducirlas en canales distintos del sumador y obtener a la salida la suma analógica en estéreo. Más tarde, ese estéreo se podría volver a digitalizar para tenerlo de nuevo en el DAW. Pero esta opción alberga ciertos problemas. El primer problema que nos encontramos es que los sumadores analógicos buenos son realmente caros. También se puede utilizar una mesa de mezclas para realizar este proceso, pero si únicamente se quiere realizar el proceso de suma, será necesario una mesa de mezclas buena y transparente, cuyos previos sean lo más limpios posibles y dejando en *bypass* (sin utilizar) el resto de componentes de la mesa. En este caso se estará hablando de un equipo igual o más caro que un sumador. Se podrían utilizar equipos más económicos, pero entonces se estaría corriendo el peligro de que el resultado sea menos óptimo que realizar la suma en digital. Otro inconveniente que tiene esta opción es que será necesario realizar una doble conversión; de digital a analógico en todas las pistas, y de analógico a digital en la suma estéreo. Este proceso conlleva pérdidas, y se tendrán que valorar a la hora de escoger qué opción tomar para sumar las pistas, ya que el objetivo es conseguir el mejor resultado posible.

Por el contrario, si no se cuentan con los equipos adecuados para realizar una suma analógica, y la única solución es atacar este proceso en el mismo DAW realizando una suma digital, seguir ciertas indicaciones durante el proceso de mezcla puede mejorar considerablemente el resultado. Por ejemplo, se debe intentar no trabajar forzando el límite de saturación de los procesadores de audio. Dejar cierto margen en los canales, de unos 10-15 dB antes del *headroom*, puede hacer que más tarde el

sumador trabaje con mejor rendimiento, obteniendo un resultado más próximo a la realidad que si se realiza una suma con los canales al máximo de nivel, ya que el resultado quedará muy por encima del rango dinámico útil, y al suprimir el sumador los bits extra se perderá mucha información.

3.12 El Máster

Llegados a este apartado, conviene explicar por encima en que parte del proceso total de producción musical nos encontramos y con qué materia prima se cuenta antes de abordar el “**Proceso de Masterización**”, último eslabón de la cadena.

Se habrían realizado los dos primeros procesos dentro de una producción musical. Primero, el **proceso de grabación**, donde se graban todos los instrumentos y sonidos necesarios. Para ello se dispuso dentro de una **sala de grabación** todas las **fuentes de sonido** y los **micrófonos** a utilizar. Se graba y almacena la señal. Para ello hubo que amplificar la señal adecuadamente con un **previo de micrófono** y digitalizarla con un **convertor A/D**.

Posteriormente se procedería al **proceso de mezcla**. En este proceso se realizan las operaciones oportunas para pasar de tener muchos archivos de pistas individuales (multipista) a un archivo de audio con todas ellas mezcladas adecuadamente. Para ello se dispuso de una **sala de mezcla** con sus **monitores de referencia** ajustados (se necesitará un **convertor D/A** para suministrar señal a estos monitores). Cada pista sería tratada con **procesadores de frecuencia** y **procesadores de dinámica** según convenga. Se enviarían duplicados de las señales a los **procesadores de efectos** para complementar el audio general. Por último se sumaron todas las señales en un **sumador** para obtener un archivo estéreo final.

Llegado este momento, comienza el proceso de masterización. Se cuenta con un archivo de audio con la suma de todas las pistas previamente procesadas. Ahora se pretenderá tratar este archivo de audio de modo que se mejore el producto final haciendo uso de procesadores, conversores, monitores de referencia, etc., como en los procesos anteriores. Claro está que el tipo y uso de cada elemento se hará con un objetivo distinto y de un modo diferente, pero siguen siendo los mismos elementos.

Es habitual escuchar que el proceso de masterización resuelve los errores de la mezcla. Pero esa afirmación es errónea. El resultado de una masterización es directamente proporcional al resultado de la mezcla. Es muy importante haber conseguido el mejor resultado posible durante la mezcla para poder así aprovechar todo el potencial del proceso de masterización (al igual que sucede con el proceso de grabación y de mezcla: una buena mezcla nunca corregirá por completo los problemas existentes en el proceso de grabación).

Por otra parte, conviene indicar, aunque no acontece a este proyecto, que el *mastering* es un proceso que adecua la señal al reproductor sobre el que se va a reproducir un proyecto sonoro. En la actualidad son muchas las plataformas en las que se puede reproducir, incluidas aplicaciones online como puede ser *YouTube*, *iTunes*, etc. Pues bien, en el proceso de masterización se puede preparar el audio para mejorar su

calidad en estas plataformas, no buscando por tanto la calidad estándar, sino la calidad concreta para unas aplicaciones concretas. Esto implicaría que en el proceso de masterización se obtengan distintas versiones de un mismo producto para utilizar una u otra dependiendo del medio en el que se vaya a reproducir. Esta tendencia en el proceso de masterización es reciente y todo indica que será un proceso habitual en un futuro próximo [42].

3.12.1 La Sala de Masterización

La máxima que debe cumplir una sala de masterización es la neutralidad. Este término, aunque sencillo de entender, es muy difícil de conseguir. Se busca que la escucha dentro de la sala sea muy cruda, de modo que se tenga un auténtico control sobre lo que se reproduce en todo momento.

Salas tipo LEDE y Rettinger son válidas para este uso ya que consiguen buena escucha en amplias zonas de la sala. Pero normalmente, dado que el uso que se le va a dar a la sala es para masterización, y en este proceso las modificaciones son de alta precisión, cualquier sala requerirá posteriormente un concienzudo tratamiento de acondicionamiento acústico. Esto quiere decir que, aún teniendo una sala geoméricamente adecuada al propósito, habrá de tratarse posteriormente con material de acondicionamiento para atacar los problemas intrínsecos a la propia sala: modos propios, tiempo de reverberación, difusión, etc.

Otro punto importante consiste en obtener buenos tiempos de reverberación para una sala de este tipo. Generalmente interesan tiempos inferiores a medio segundo, siendo 0'3 segundos un tiempo óptimo para este tipo de salas. El modo de tratarlo será mediante el uso de **paneles absorbentes** que reduzcan la energía de las ondas sonoras para que el decaimiento del sonido sea más rápido.

El tamaño y espesor de los paneles influirá en las frecuencias que absorban y será importante conseguir un balance frecuencial, ya que se corre el peligro de absorber mucho en ciertas frecuencias y poco en otras. También es importante cómo es la construcción de la sala: los espacios entre paredes, el material utilizado, etc.

Por último, es requerida una difusión correcta dentro de la sala. Esto significa que la energía acústica se propague por igual a lo largo de toda la superficie de la sala y no se concentre en ciertos lugares por una mala difusión del sonido. Influyen los materiales con los que están hechas las superficies reflectantes, así como su disposición.



Figura 3.14: Sala de Masterización

En la figura 3.14 se puede ver la sala de masterización de los estudios Mastering Mansión de Madrid (en concreto la sala de 2.1). Se pueden apreciar los difusores que tiene instalados en todas las paredes para mejorar la difusión.

3.12.2 Monitores de referencia

Este punto, al igual que la sala, es de máxima importancia, y clave en la calidad final del proceso de masterización.

Como se ha explicado anteriormente, un estudio de masterización busca obtener un resultado lo más estandarizado posible. Es por ello que las escuchas deben ser lo más neutras posibles, evitando así cualquier coloración que pueda llevar a realizar unas modificaciones óptimas para las escuchas utilizadas, pero no para la generalidad. Como las escuchas completamente neutras no existen, y además, hay una gran variedad de altavoces en el mercado susceptibles de reproducir nuestro proyecto musical, una técnica que se puede utilizar es la “multiescucha”. Esto quiere decir utilizar gran variedad de monitores de referencia. Se procurará además que estos sean distintos en su cometido. Por ejemplo, se suelen utilizar monitores de campo cercano o escucha plana. Pero también altavoces hi-fi de gran calidad, pues son los que presentan la mayoría de reproductores comerciales. También se usan auriculares, porque es importante conocer cómo es la escucha en este tipo de altavoces. Y por último se pueden utilizar altavoces de “*public address*”, es decir, los utilizados para reproducir en eventos con público tales como discotecas, bares, conciertos, etc. Por supuesto, se pueden tener varias opciones por tipo de altavoces. Cuanta más variedad haya en la escucha, mayor criterio a la hora de estandarizar el sonido masterizado que se quiere obtener.

Es importante ver cómo responde una producción en concreto en los distintos medios ya que, por ejemplo, unos auriculares no nos van a dar información relevante de cómo responde la canción en graves, pero sí de cómo responde dicha canción en estéreo (el estéreo es máximo en auriculares ya que cada oído recibe únicamente la información de un canal), o apreciar los planos en la mezcla (la distinta disposición o imagen psicoacústica de cada instrumento). Por el contrario, para escuchas de público, es importante conocer como responden los graves, ya que al ser más grandes los conos, llegan a reproducir mejor frecuencias más bajas y pueden sacar a la luz problemas que no se hayan encontrado en la mezcla por el tipo de escucha utilizada.

3.12.3 Conversor A/D y D/A

Otro elemento muy importante dentro del proceso de masterización son los conversores, tanto A/D como D/A. Dichos conversores realizan más una tarea de evitar pérdidas que de obtener alguna mejora como tal.

Por ejemplo, es necesario un conversor D/A para enviar señal analógica a los monitores de referencia. Este conversor es el menos perjudicial ya que sólo sirve para alimentar los monitores y cualquier pérdida no afecta directamente sobre el producto final. Pero por otra parte, está afectando a la señal que utiliza de referencia el ingeniero, por lo que sí tiene influencia indirecta en el producto final (el ingeniero modificará en función de lo que escuche).

Por otra parte, en la masterización, es común realizar algún tipo de proceso haciendo uso de procesadores de señal analógicos. El motivo es que existen muchos equipos analógicos que dan muy buenos resultados y aún no se han podido emular en software digital (equipos a válvulas o magnéticos), por lo que se necesita realizar una conversión previa y posterior al proceso analógico. Como en toda conversión, hay pérdida de calidad y aumento de ruido, los conversores deberán ser de muy alta calidad buscando que prevalezca la mejora de aplicar los dispositivos analógicos sobre la pérdida implícita en los procesos de conversión.

Por otra parte, lo normal es que al finalizar el proceso de masterización haya que realizar algún cambio de tamaño de palabra, típicamente una reducción a 16 bits para obtener el formato “Audio CD”, por lo que este proceso será mejor cuanto mejor sea el conversor encargado de ello.

3.12.4 Procesadores de dinámica

Los procesos dinámicos son los más comunes dentro de la masterización. Procesadores típicos que se usan son los expansores, los compresores, los limitadores, los maximizadores, etc. También es típico hacer uso de procesadores de frecuencia o ecualizadores.

Existen multitud de cadenas de masterización. Cada ingeniero utiliza su técnica, que es la que le ha dado los resultados que desea gracias a la experiencia y práctica. Por tanto, sería inútil intentar definir un método válido. Por el contrario, si se puede comentar el uso que se le espera dar a ciertos procesadores:

Procesadores de frecuencia

Es habitual utilizar algún tipo de ecualizador en este punto. Dentro de la cadena de masterización suele ser uno de los primeros elementos a incluir. Como un ecualizador no es más que una ganancia en un rango de frecuencias, existe la posibilidad de saturar la señal en este punto. Para evitar esto, es importante que se haya tenido en cuenta anteriormente en el proceso de mezcla. La mejor manera para no tener este problema es que el nivel de señal de la mezcla final no este excesivamente cerca del nivel de saturación. Aún así, deberá ser alto para garantizar una dinámica general grande, lo que

es beneficioso en términos de calidad de sonido final, pero siempre respetando un margen para que durante el proceso de masterización, el ingeniero en cuestión tenga un rango de actuación.

El tipo de ecualización que se suele aplicar en el proceso de máster es una ecualización muy suave, donde se buscan matices pequeños, o solventar algún leve problema de la mezcla, como puede ser un exceso de graves, o falta de presencia en agudos. Se recomienda variaciones menores a ± 2 dB. Modificaciones mayores en ecualización debieran resolverse en el proceso de mezcla.

También pueden utilizarse para enfatizar levemente las frecuencias comprendidas en el rango de la voz, consiguiendo de este modo darle más presencia dentro del conjunto si hubiera quedado algo oculta. De nuevo, variaciones de pocos decibelios es lo que se espera para tratar este problema.

Compresor

Es habitual realizar algún tipo de compresión durante la masterización. Si se realiza la compresión vía *hardware*, se suelen utilizar compresores de alta gama, normalmente a válvulas, y se realizan compresiones poco agresivas, controlando la señal y sacando un poco más de cuerpo para que suene más contundente. También se puede realizar una compresión en cadena, usando varios compresores uno detrás del otro. De este modo se consigue una compresión más suave que si se realizara con un único compresor, aún comprimiendo en ambos casos la misma cantidad de señal.

Además, se pueden utilizar técnicas varias como puede ser la compresión paralela, donde se suman dos señales iguales (una muy comprimida y la original) para obtener más densidad y cuerpo en la señal.

Por otro lado, si se hace vía *software*, lo normal es utilizar un compresor multibanda (en *hardware* también puede ser multibanda), ya que se tiene mayor control de la compresión que se va a realizar a la señal. Con este tipo de dispositivos, los ajustes se realizan independientemente en las distintas bandas de frecuencia (típicamente trabajan con 4 o 5 bandas ajustables). Sirve para comprimir más suavemente que con un compresor estéreo ya que, superado el umbral de compresión, en el compresor multibanda sólo se vería afectada la banda de frecuencias que ha superado dicho umbral, mientras que en un compresor estéreo la compresión afecta a todo el audio.

Modo M-S

Existe un formato de dos canales distinto al L-R común (izquierda – derecha). Se trata del formato M-S (mono – stereo) y se obtiene a partir del L-R. El canal M contiene la información mono común en ambos canales L-R, mientras que el canal S contiene la información estéreo, es decir, el resultado de restar L a R o viceversa.

Esta conversión de formatos se realiza mediante un conversor M-S y sirve para poder tratar independientemente la información mono y la estéreo. Posteriormente,

haciendo pasar de nuevo los canales por el conversor M-S volvemos a tener dos canales L-R.

En el canal M se tendrán todos aquellos sonidos que se han dejado en el centro de la mezcla, como puede ser la voz, el bajo, el bombo, etc., y en el canal S el resto. Procesando cada canal por separado se pueden obtener distintos resultados. Por ejemplo, si se quiere dar más presencia a la voz sin afectar demasiado a la dinámica general, se puede comprimir el canal M únicamente. Por otra parte, se puede manejar la sensación estéreo de la mezcla dando más o menos presencia al canal S antes de volver a convertirlo a L-R.

Maximizador - Limitador

El limitador es utilizado generalmente en el proceso de masterización como último eslabón de la cadena. Su objetivo es evitar que ningún pico de señal sobrepase el umbral de saturación en el Máster final. Con ello se limita en la señal el nivel máximo que puede experimentar sin llegar a distorsionar para posteriormente enviar el resultado a la fábrica de copias y que no haya ningún problema en el producto final.

Muchas veces se utiliza como complemento al limitador un maximizador. Este dispositivo aumenta la ganancia de la señal para posteriormente limitarla. Con esto se obtiene un aumento considerable de volumen general sin saturar la señal. Evidentemente, esto conlleva una degradación de la señal, generada en el propio limitador al necesitar una compresión en un tiempo muy corto para así evitar picos que saturen. Será el propio oído el que identifique el máximo nivel que se le puede enviar al limitador sin que la degradación prevalezca sobre el aumento de volumen.

3.12.5 Controles visuales de medida

Aunque la herramienta más útil de un ingeniero en las producciones musicales es su oído, en el proceso de masterización es habitual contar con herramientas visuales de ayuda. Estas herramientas miden distintas características del audio para dar información al ingeniero que no pueda experimentar fácilmente con la simple escucha. Suelen ser tres los tipos de medidores más comunes, y dan información sobre **nivel de señal**, para evitar saturaciones producidas por transitorios y que pasan desapercibidas, de **fase**, para evitar cancelaciones de fase entre los distintos canales y **respuesta en frecuencia**, para ver el espectro general del audio con el que se está trabajando.

3.12.6 Conclusiones

El proceso de masterización es un proceso muy delicado donde se debe tener presente cuales son los objetivos. Se busca una mejora de la calidad del sonido obtenido en el proceso de mezcla intentando conseguir un aumento de volumen que no comprometa la calidad. Se intentará homogeneizar aquellas canciones que formarán parte de un

conjunto para que tengan sentido en el contexto. Igualmente, se busca normalizar el sonido a la calidad obtenida en la industria musical.

Es importante contar con una mezcla buena, ya que no se pueden resolver todos los problemas en la masterización. Si no se puede remezclar, se hará uso de las herramientas disponibles para intentar paliar los problemas existentes en la propia mezcla antes de atacar los cometidos propios de la masterización.

Es buena idea que la realización de la mezcla y de la masterización la hagan personas diferentes, ya que el oído se acostumbra y se vicia pronto, y muchas veces pasan desapercibidos problemas que rápidamente encontraría otra persona.

Por último, tras finalizar el ajuste del sonido, es propio de la masterización realizar la edición necesaria, como pueden ser los cortes de principio y final y ajustar la transición entre canciones dentro de un disco. También se deberá contar con un grabador de CDs de alta calidad para fabricar la primera copia (el Máster) que se enviará a la fábrica para duplicar.

Para obtener más información sobre el proceso de masterización, los equipos, elementos, técnicas, etc. se recomienda consultar la bibliografía [43] y [44].

Segunda Parte: Caso Práctico

4. Introducción

Hasta ahora se ha realizado una introducción teórica de todos los elementos importantes que se pueden encontrar en una producción musical. Se han definido estos elementos así como diversas técnicas y métodos para obtener los resultados deseados, y también los diferentes problemas y casuísticas que pueden aparecer y cómo afrontarlos.

Llegados a este punto, se procederá a definir un caso práctico de una producción musical partiendo de cero. Se intentará realizar un estudio pormenorizado del proceso resaltando todos aquellos detalles que se crean importantes.

Estos capítulos que se presentan a continuación no pretenden ser un manual de procedimientos, aunque en muchos casos pueda parecerlo. El motivo es que existen multitud de métodos para obtener distintos resultados. Es uno mismo, a través de la experiencia y la práctica, quien decide qué camino tomar y qué técnicas y procedimientos utilizar para obtener el mejor resultado. Aquí simplemente se mostrará un camino, el que yo he creído adecuado por mis conocimientos, experiencia y, sobre todo, por los medios con los que he contado. Sin duda, no siempre se han cumplido las mejores condiciones a la hora de realizar el caso práctico, y se indicará en su momento qué elementos se han podido mejorar, y qué condiciones hubieran sido las deseadas para que el resultado hubiera sido mejor.

Como bien indica el título de este proyecto, la realización de esta producción musical ha sido basada en un sistema **DAW** (*Digital Audio Workstation*). Esto quiere decir que las herramientas principales que se han utilizado son un ordenador, un *software* digital para audio profesional y un interfaz de audio profesional o tarjeta de sonido. Hay dos motivos principales por los que se ha decidido utilizar este sistema. El primero son los costes. Hoy en día, con un ordenador, una tarjeta de sonido profesional y el *software* necesario, se tiene una herramienta de trabajo muy potente con la que obtener unos resultados muy satisfactorios. De este modo, se puede prescindir de muchos dispositivos *hardware* (que en el ámbito profesional tienen un elevado precio) y la infraestructura necesaria para guardar ese *hardware*. Esto adelanta el segundo motivo importante por el que se ha utilizado un sistema DAW, que es la portabilidad. Un sistema DAW puede ser reducido y compacto. Ello permite poder desplazarlo a los lugares deseados donde realizar las grabaciones. De haber sido un sistema fijo, evidentemente debería ser un estudio de grabación, con sus salas de grabación, mesa de mezclas, etc. Es decir, un completo conjunto de instalaciones adecuadas para el propósito. Por el contrario, con el sistema DAW se puede desplazar el equipo hasta una sala en concreto, realizar las grabaciones oportunas, luego ir a otra sala, realizar otras grabaciones, y finalmente llevarlo al lugar de postproducción para realizar el proceso de mezcla y masterización.

Evidentemente, los sistemas puramente DAW no son el método utilizado para las grandes producciones musicales, donde un estudio de grabación y un equipo *hardware* de calidad son elementos importantísimos para conseguir los resultados más profesionales. Pero en otros ámbitos, es una solución aceptable. Sobre todo para pequeñas producciones o como máquina de trabajo para productores *freelance* (no obstante, cada día salen al mercado más producciones realizadas únicamente en sistema DAW debido a que se están alcanzando cotas de calidad competitivas y es suficiente para producciones sencillas sin mucha instrumentación).

Posiblemente, el mayor problema de este tipo de sistemas es el siguiente: una producción requiere de muchos elementos importantes, donde si se descuida uno de ellos, el resto se ven muy afectados. Es decir, podemos tener los mejores micrófonos, digitalizadores y monitores, pero si la sala no es la adecuada, el trabajo final se ve muy afectado. O por el contrario, podemos contar con una sala de calidad, pero si se hace pasar todo por unos previos de baja calidad, el resultado no será el esperado. Lo importante es tener un balance natural del equipo con el que se trabaja para optimizar el resultado, y saber dónde invertir y dónde no.

4.1 El Grupo

Centrándonos en el proyecto, en este apartado pretendo presentar el grupo objeto de la producción.

El grupo se llama **Toballa**, y está formado casi por completo por alumnos o antiguos alumnos de la universidad Carlos III de Madrid, de la carrera de Ingeniería Técnica de Telecomunicaciones, especialidad Sonido e Imagen. Es decir, compañeros míos.

Se trata de una producción no excesivamente compleja por la distribución de instrumentos y pistas a grabar. Es un grupo de rock estándar, cuya formación cuenta con: un baterista (Inazio Lizuain), un bajista (Jorge Sánchez), un guitarrista (Javier Muñoz) y dos cantantes (Miren y Javier Muñoz). Realizan un estilo que puede englobarse dentro del rock o pop actual, con guitarras distorsionadas y melodías de voz sencillas pero contundentes.

Se procede a grabar cinco canciones, de las que sólo se toma una para estudio en este proyecto. El grupo llega a la grabación con las canciones ensayadas pero con poca preproducción. La preproducción consiste en preparar las canciones antes de grabar. Se sobreentiende que ensayar las canciones es parte de la preproducción, pero también se considera preproducción actividades como: elegir los sonidos adecuados de los instrumentos, realizar los arreglos oportunos de las canciones con el fin de mejorar su sonido, definir la estructura de las canciones, etc. Se trata de un grupo *amateur* y con poca experiencia en producción musical. Esta situación influye en el resultado final y, aunque no es objeto de estudio para este proyecto, si es conveniente indicar que los procesos de preproducción y la experiencia en el estudio de grabación por parte de los músicos es muy importante e influye mucho en el sonido final.

El estudio del desarrollo de una canción, así como de la asignación de instrumentos, sonidos y arreglos, puede mejorar considerablemente el resultado final. Este trabajo suele llevarse a cabo generalmente por un elemento externo al grupo pero en consonancia con él: el “productor musical”. En este caso se carece de productor y la preproducción se ha realizado paralelamente a la producción como tal. No es la mejor opción como parece obvio, pero esas han sido las circunstancias de este proyecto y así se exponen.

4.2 Resumen de Procesos

En este apartado se comentará brevemente la magnitud del proyecto, así como un resumen de la distribución de la documentación de este caso práctico.

Este caso práctico trata sobre una producción musical donde se han grabado cinco canciones de un grupo con cuatro integrantes. Se ha realizado en el verano de 2012. El **Proceso de Grabación** comenzó a mediados de Junio y terminó a finales de Julio. Se necesitaron un total de 6 jornadas no consecutivas de 12 horas. Una fue para la grabación de la batería, otra para el bajo, dos para las guitarras y otras dos para las voces y coros.

Posteriormente, a finales de Agosto, se realizó el **Proceso de Mezcla**. Se necesitaron un total de 6 jornadas no consecutivas de 8 horas. Una para preparar los proyectos, y una por cada canción.

El **Proceso de Masterización** se realizó a primeros de Septiembre, necesitando un total de 2 jornadas no consecutivas, una para realizar el “premáster”, y otra para, con los oídos descansados, realizar los últimos ajustes y preparar los archivos finales.

En esta documentación se van a separar los tres procesos importantes (grabación, mezcla y masterización), para así explicar cada uno paso a paso. Se mostrarán ejemplos de los procesos realizados así como documentación gráfica del proyecto. Igualmente, anexo a este documento se adjuntan todos aquellos archivos importantes para la didáctica del proyecto, y a los que se irá haciendo referencia a lo largo del mismo. De igual manera, se incluyen también las pistas grabadas para que cualquiera, haciendo uso de las herramientas de que disponga en su sistema DAW, pueda realizar los procesos de mezcla y masterización por su cuenta.

Antes de empezar a describir todos los procesos se ha incluido un capítulo que introduce uno de los elementos más importantes de un sistema DAW: el **Secuenciador**.

5. El Secuenciador

En una producción basada en un sistema DAW existe una herramienta que sobresale del resto por su importancia y relevancia: el **Secuenciador**. Esta herramienta será el motor central mediante el cual el ingeniero desarrollará todo el proceso de producción musical. Esta herramienta sustituye a cientos de aparatos *hardware* que serían necesarios en un entorno analógico. Gracias a la era digital, y a la existencia de los secuenciadores y los avances de la informática musical, se hace posible tener un estudio de grabación en un ordenador.

5.1 ¿Qué es y para qué sirve?

El secuenciador es el cerebro del proceso de producción y hace de interfaz entre el ingeniero de sonido y el ordenador para realizar todo tipo de procesos comprendidos en una producción musical. Se trata de un programa informático que gestiona todos los recursos del ordenador e interfaces cuando trabaja con audio digital. Estas son sólo algunas de las tareas que realiza el secuenciador:

- Gestión de la tarjeta de sonido, interfaces de entrada/salida y DSP.
- Gestión de recursos del ordenador: disco duro para gestión de archivos de sonido existentes o nuevos, gestión de procesos para mejora de rendimiento, tarjetas de video, interfaces de entrada/salida del ordenador; etc.
- Gestión de aplicaciones para audio, conocidas como “*plugins*”, tales como procesadores de dinámica, de efectos, instrumentos virtuales, etc.
- Edición compleja de archivos de audio. Tratamiento a nivel de muestra.
- Soporte para grabación de audio. Sincronización y gestión de transporte para las pistas grabadas.
- Modificación de los archivos de audio en el tiempo y en la forma.
- Importar y exportar archivos de diferentes formatos.
- Visualización de niveles de señal: medidores, vúmetros, picómetros, etc.
- Control de herramientas para producción musical tales como creación de loops, control de archivos media, procesos MIDI, composición, exportación de partituras, producción de sonido envolvente, buscador de sonidos, automatización de parámetros, etc.

El secuenciador utilizado para este proyecto es **Cubase** en su quinta versión [45]. Es de la compañía alemana *Steinberg*, fabricante de *software* y *hardware* de audio profesional. Tiene el aspecto mostrado en la figura 5.1. En ella pueden verse distintas señales ya grabadas en varias pistas, la edición de una pista en concreto y un control de mezcla con vúmetros que muestran el nivel de señal reproducido en un momento dado, así como multitud de herramientas que se utilizan para control de transporte o edición de clips de audio.



Figura 5.1: Aspecto general del secuenciador Cubase 5

Todo *hardware* dedicado a audio profesional, al igual que cualquier *hardware* que se conecta a un ordenador, tiene unos *drivers* o controladores que hacen que el dispositivo físico se pueda entender con el ordenador y por consiguiente, el secuenciador. De tal modo, se puede crear una pista de grabación en el secuenciador y asignarle como entrada un bus lógico que corresponde al interfaz físico de entrada de una tarjeta de sonido profesional. A esa entrada física podrá ir un micrófono o un instrumento. Desde el secuenciador se gestionará en una regleta de tiempo el momento en que se empieza a grabar y se deja de grabar, obteniendo así un clip de audio como el mostrado en la figura 5.2, que corresponde al primer segundo del minuto 7 de la pista de bombo de una grabación.

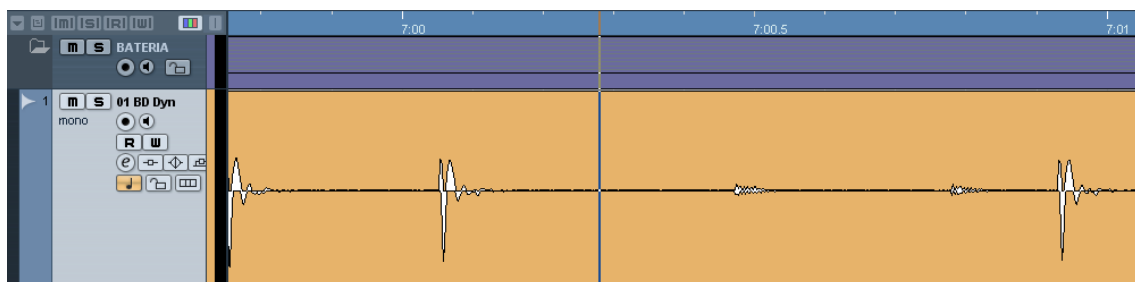


Figura 5.2: Clip de Audio

También se puede tener acceso al **control de mezcla** desde distintas ventanas. Una de ellas se muestra en la figura 5.3. En el control de mezcla se puede modificar los distintos niveles de cada pista, la asignación a los canales izquierdo y derecho de una mezcla estéreo, inserción de *plugins*, realización de envíos a distintos buses lógicos (asignables a interfaces físicas de la tarjeta de sonido o entradas lógicas de procesadores de efectos), etc.



Figura 5.3: Mezclador de Cubase 5

5.2 Tecnología VST

VST son las iniciales de *Virtual Studio Technology* (Tecnología de Estudio Virtual) y hace referencia a un software desarrollado por *Steinberg* que sirve para insertar sintetizadores virtuales de audio y *plugins* de efectos o procesadores a editores de audio y sistemas de grabación como los secuenciadores. Gracias a esta tecnología se hace posible tener un estudio de grabación en un ordenador y es la base de un sistema DAW.

Al secuenciador o editor de audio se le denomina *VST Host*, y es el que inicia la aplicación VST según las necesidades del proyecto o producción que se esté realizando. El VST es un programa que se instala previamente en el ordenador para poder después usarlo en el secuenciador..

Existen dos conjuntos de programas VST. Están los **VSTs**, que incluyen los procesadores de señal que se utilizan para tratar el audio en una producción (procesadores de dinámica, de efectos, de modulación, etc.). Por otra parte, están los **VSTi** (*VST Instrument*), que incluye todos los programas dedicados a generar audio, es decir, los **instrumentos virtuales**. Para este proyecto no se han utilizado VSTi ya que

se trata de un proyecto acústico donde el audio es recogido por una instrumentación real, pero lo cierto es que hoy en día cada vez se utilizan más instrumentos virtuales y sintetizadores en las producciones musicales, siendo los sistemas DAW la mejor elección para este tipo de producciones.

En Windows, los VSTs son archivos “.dll”. Se encuentran en carpetas a las que tienen acceso los secuenciadores de tal modo que al iniciarse son precargados para que puedan cargarse las distintas aplicaciones dentro del proyecto. Existe otro tipo de tecnologías con el mismo fin como pueden ser los RTAS, TDMs, etc. [46].

Todos los procesadores digitales de señal que se han utilizado para la producción musical que acontece a este proyecto están basados únicamente en tecnología VST. Al estar trabajando con el secuenciador Cubase de *Steinberg*, con los *plugins* VST se obtiene el mejor rendimiento.

5.3 Drivers ASIO

Audio Stream Input/Output (ASIO) es un protocolo de ordenador para audio digital creado por *Steinberg*. La función de estos *drivers* es realizar la comunicación entre el *software* (el secuenciador) y el *hardware* (tarjeta de sonido, controladores externos, etc.). Haciendo uso de este protocolo, el ordenador puede trabajar con dicho *hardware* y reconocer todos sus interfaces de entrada/salida, así como realizar configuraciones en el propio hardware.

Windows inicialmente provee de unos *drivers* creados por *Microsoft* para controlar el *hardware* básico de audio que trae un ordenador. Estos *drivers* se llaman *DirectSound*. Con ellos se puede tener acceso a los puertos de entrada y salida de audio, pero cuando se intenta realizar algún trabajo profesional se evidencia su falta de estabilidad ya que no son profesionales. Además tienen una gran latencia en la monitorización del audio debido a que son lentos en la transmisión de datos entre el ordenador y los dispositivos. Es por ello que se hace necesario contar con unos *drivers* adecuados, y en este caso los drivers ASIO nos permiten tener una estabilidad y una latencia mínimas para poder abordar aplicaciones y proyectos profesionales.

En el enlace indicado en la bibliografía [47] se puede descargar una versión de drivers ASIO (**ASIO4all**) gratuitos y que mejoran considerablemente el rendimiento del ordenador. De todos modos, ASIO provee de información a los fabricantes de tarjetas de sonido profesional para que creen el software y los drivers compatibles con la tecnología ASIO.

El hecho de que sea más fluida la comunicación entre programas y *hardware* hace que se reduzca la latencia (puede llegar a ser menor que 2 milisegundos) de monitorización. La **latencia de monitorización** es el tiempo que el ordenador necesita para gestionar las entradas, procesarlas y direccionarlas hacia algún interfaz de salida para su reproducción. Es preciso trabajar con latencias muy bajas para así evitar molestias a la hora de grabar. Por ejemplo, un músico que desea escuchar su

instrumento junto a los demás mientras graba necesitará una latencia baja. Si fuera alta escucharía su instrumento cierto tiempo después de ejecutarlo, y eso le incomodaría a la hora de tocar. Latencias superiores a 10 milisegundos, según el instrumento que se ejecute, entorpecen gravemente una grabación. Por el contrario, durante un proceso de mezcla, donde no es necesaria una monitorización instantánea, no importa trabajar con latencias superiores. Y de hecho lo serán, porque a medida que se cargan procesadores y *plugins* en el secuenciador, el ordenador debe ejecutar cada vez más órdenes, lo que implica mayor tiempo de procesamiento. Los secuenciadores permiten gestionar la latencia del sistema aumentando o reduciendo el “*buffer*” de salida, que suele trabajar en muestras. Por ejemplo, ajustando el *buffer* a 256 muestras en un proyecto que trabaja a 48 kHz se obtiene una latencia de salida de aproximadamente 5.4 milisegundos, válido para el proceso de grabación. A medida que se introduzcan procesadores, ese *buffer* no será suficiente para realizar todos los procesos en ese tiempo y se deberá ser aumentado, por ejemplo, a 1024 muestras, donde la latencia sería aproximadamente de 21.4 milisegundos, no apto para uso en grabación pero si en postproducción.

Aún así, incluso con los controladores ASIO, no se puede impedir que una vez agregados cierto número de efectos, procesadores, instrumentos virtuales, etc., el ordenador se colapse. Esto es debido a que existe un límite de procesos ejecutables, el cual es dependiente de la potencia del ordenador así como de la propia tarjeta y los controladores que gestionan la relación entre ambos.

6. El Proceso de Grabación

Este capítulo pretende describir por completo el proceso llevado a cabo para la grabación de un grupo musical. Se indicarán los métodos de grabación, equipos utilizados, técnicas aplicadas, etc.

Anexo a este documento se incluye un archivo (*/Archivos de audio/Canción Grabación.wav*) con el resultado obtenido tras la grabación, con todas las pistas sin procesar (únicamente se ha realizado un balance rápido de volúmenes para ajustar la escucha y que se puedan percibir todas las pistas grabadas).

6.1 Sala de Grabación

La grabación se ha realizado en una de las salas de ensayo de los locales Bola 8, en Alcorcón. La sala consta de aproximadamente 27 metros cuadrados (6 x 4.5 metros). Tiene forma de trapecio, casi rectangular y el techo está a dos metros y medio del suelo. Se trata de una sala con un pobre tratamiento acústico. Por tratarse de una nave industrial, cuenta con una estructura metálica donde se ha realizado la división de salas con placas de Pladur. Tiene un doble techo creado mediante láminas de yeso, y por encima una gran extensión de aire formada por las dimensiones de la nave exterior. Las paredes están aisladas, además de por las placas de Pladur, con una capa de poliespan y otra de algún tipo de goma o corcho. La sala tiene una puerta normal, sin tratamiento acústico más que las capas de poliespan y goma que la forran. El suelo está cubierto de moqueta. La sala es diáfana y sólo cuenta con un escalón para sentarse en una de las paredes.

Los problemas encontrados no son principalmente de aislamiento, ya que aunque no está aislada profesionalmente, la situación de la sala dentro de la nave hace que no haya ruido externo que pueda introducirse en la grabación. Podría existir ruido proveniente de otras salas, pero se han escogido fechas y horas en las que fuera mínimo o nulo este problema. Sí afecta, y se puede tener en cuenta aunque poco puede hacerse al respecto, la transmisión estructural que existe en las distintas superficies de la sala cuando se reproduce sonido a altas presiones durante la grabación, algo que se evitaría con un correcto aislamiento.

Los problemas aparecen sobre todo debido al tratamiento acústico de la sala. Se trata de una sala seca (sin reflexiones) y sin brillo debido a los materiales que la componen. Que sea seca no es excesivamente negativo. De hecho, esto es preferible a que tenga muchas reflexiones (difíciles de ocultar) y que siempre pueden añadirse mediante procesadores de reverberación. Pero la falta de brillo implica que existirá un realce en graves que habrá que tener en cuenta.

No dispone de difusores salvo los propios elementos habidos en la sala, pero no en las paredes y techo, por lo que es importante elegir bien el lugar de grabación dentro de la sala. Por su forma, casi poliédrica, se ha decidido alejarse de las paredes evitando así los temidos modos propios, cuyos máximos aparecen en la proximidad de las superficies límite. Las siguientes tablas 6.1 y 6.2 muestran los modos axiales (dos superficies) que tiene la sala y tangenciales (cuatro superficies) por debajo de 300 Hz.

Finalmente, la elección del lugar de grabación coincide aproximadamente con dos tercios del ancho y dos tercios del largo de la sala. De igual modo, se ha buscado una microfonía cercana y al detalle para minimizar el efecto sala. Por otra parte, cuando se ha podido, la grabación ha sido realizada haciendo uso de varios micrófonos por elemento para evitar los sonidos localizados en instrumentos que requieren de cierta lejanía para captar el sonido completo.

Tabla 6.1: Modos Axiales Sala de Grabación*

Modo	Largo	Ancho	Alto
1	29	38	69
2	58	77	139
3	86	115	208
4	115	154	278
5	144	192	0
6	173	231	0
7	202	269	0
8	231	0	0
9	259	0	0
10	288	0	0

Tabla 6.1: Modos Tangenciales Sala de Grabación*

Modo	La/An	La/Al	An/Al
1,1	48	75	79
1,2	82	142	144
2,1	69	90	104
2,2	96	150	159
1,3	119	210	212
3,1	95	111	135
2,3	129	216	222
3,2	116	164	180
3,3	144	226	238
1,4	156	279	280
4,1	121	135	169
2,4	164	284	288
4,2	139	180	207
3,4	176	291	301
4,3	163	238	259

* Datos obtenidos gracias a la macro Excel creada en la Universidad Pública de Uruguay por A.D. Rodríguez y anexa a este documento (*/calculo modos propios.xls*).

6.2 Equipo utilizado

A continuación se describe el equipo utilizado para esta producción.

6.2.1 Backstage (instrumentos y amplificadores)

- Batería **Pearl**: Bombo 22"x18", Tom Base 16"x16", Caja 14"x5.5", Hi-Hat Zildjian 14", Crash Meinl 16" y Ride Paiste 20".
- Bajo **Washburn SHB60NM** (Especificaciones técnicas en: <http://www.washburn.com/products/basses/sh/shb60.php>).



Figura 6.1: Bajo Washburn

- Amplificador de bajo **Ashdown 500 Evo II** 575 + 575 watts RMS (Especificaciones técnicas en: <http://www.ashdownmusic.com/bass/detail.asp?section=abm&ID=7>).



Figura 6.2: Amplificador de bajo Ashdown

- Pantalla Acústica para amplificador de bajo **Ashdown 410H**, 4 altavoces de 12”.



Figura 6.3: Altavoces Bajo 4x12” Ashdown

- Guitarra customizada **LEMS**, estilo Les Paul.



Figura 6.4: Guitarra LEMS

- Amplificador de guitarra a válvulas **Orange TH30 Twin Channel** 30 watts (Especificaciones: <http://www.orangeamps.com/th30-head/>).



Figura 6.5: Amplificador de Guitarra Orange

- Pantalla acústica para amplificador de guitarra **Orange PPC212OB**, 2 altavoces de 12”.



Figura 6.6: Altavoces Guitarra 2x12” Orange

6.2.2 Microfonía

A continuación se indican los distintos modelos de micrófonos que se han empleado en el proceso de grabación:

- **AKG D112:** micrófono dinámico de gran diafragma para instrumentos graves (Especificaciones técnicas en: http://www.akg.com/site/products/powerslave,id,261,pid,261,nodeid,2_language,EN.html).



Figura 6.7: Micrófono AKG D112

- **Shure SM 57:** Micrófono dinámico cardioide (Especificaciones técnicas en: <http://www.shure.com/americas/products/microphones/sm/sm57-instrument-microphone>).



Figura 6.8: Micrófono Shure SM 57

- **AKG C 518 M:** Micrófono de condensador, de pinza para instrumentos (Especificaciones técnicas en: http://www.akg.com/site/products/powerslave,id,982,pid,982,nodeid,2,_language,EN.html).



Figura 6.9: Micrófono AKG C 518 M

- **AKG C 1000 S:** Micrófono de condensador de diafragma pequeño, cardioide e hipercardioide (Especificaciones técnicas en: http://www.akg.com/site/products/powerslave,id,759,pid,759,nodeid,2,_language,EN.html).



Figura 6.10: Micrófono AKG C 1000 S

- **AKG Perception 150:** Micrófono de condensador de diafragma pequeño para batería (Especificaciones técnicas en: <http://www.ake.com/site/products/powerslave.id,973,pid,973,nodeid,2,language,EN.html>)



Figura 6.11: Micrófono AKG Perception 150

- **sE 2200a:** Micrófono de condensador de gran diafragma para voz (Especificaciones técnicas en: <http://www.seelectronics.com/se2200a-mic>).



Figura 6.12: Micrófono sE 2200a

6.2.3 Sistema DAW

- Ordenador Portátil **Dell Inspiron 1720**: Core Due 2 Ghz, 2 GB RAM, Chipset T7300 Intel, Windows XP.



Figura 6.13: Ordenador Dell Inspiron 1720

- **MOTU 828 mkII**: Tarjeta de sonido *firewire*. 18 entradas simultáneas (2 con previo de micrófono conmutable a entrada de instrumento o de línea, 8 con entrada a nivel de línea y 8 digitales con conexión ADAT o 2 digitales con conexión S/PDIF). 18 salidas simultáneas (2 salidas *main out*, 8 salidas a nivel de línea y 8 digitales por ADAT o 2 por S/PDIF). Salida estéreo de cascos independiente. Entrada/Salida MIDI (Especificaciones técnicas en: http://cdn-data.motu.com/manuals/firewire-usb-audio/828mkII_Manual_Win.pdf)



Figura 6.14: Tarjeta de Sonido MOTU 828mkII

- **Focusrite Octopre LE:** 8 previos de micrófono/línea en formato rack de 19". Dos de ellos conmutables a entradas de instrumento. Filtro paso alto y alimentación *phantom* para todos ellos. Vúmetro individual y opción para digitalizar y transmitir por ADAT.

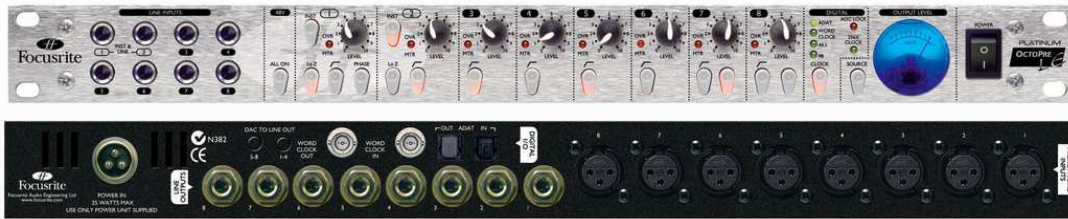


Figura 6.15: Preamplificadores de micrófono Focusrite Octopre LE

- Secuenciador **Cubase 5.0:** *Software* para audio profesional.



Figura 6.16: Secuenciador Cubase 5

6.2.4 Monitores de Referencia (Sistema de Altavoces)

- Auriculares **AKG K240 studio:** auriculares semi-cerrados para grabación.



Figura 6.17: Auriculares AKG K240 studio

- Auriculares **Behringer HPS 3000**: auriculares cerrados para grabación.



Figura 6.18: Auriculares Behringer HPS 3000

- Amplificador de auriculares **Behringer HA400**: 1 entrada estéreo, 4 salidas auriculares.



Figura 6.19: Amplificador de auriculares Behringer HA400

- Sistema PA completo etapa de potencia **t.amp E800** y altavoces **the box PA 252 ECO MKII**: sistema completo de sonorización compuesto por una etapa de potencia de 900W/4ohm y dos pantallas de altavoces formadas cada una por dos altavoces de 15" y un tweeter de 1".



Figura 6.20 Sistema completo de Altavoces t.amp y the box

- Mezclador pequeño Behringer Xenyx 1202 FX: 12 entradas (4 previos de micrófono y 4 entradas estéreo de línea) y control de efectos digitales incluido.



Figura 6.21: Mezclador Behringer Xenys 1202 FX

6.3 La Grabación

Tras definir la sala seleccionada para la grabación y el material con el que se cuenta para acometerla, se procede a describir los procedimientos, técnicas y decisiones tomadas en el proceso de grabación.

6.3.1 Puesta a Punto

El primer paso es, dadas las características donde se ha realizado la grabación, adecuar la sala para poder acometer el trabajo lo mejor y más cómodamente posible. Por tanto se realiza una tarea de colocación de material adecuada. Por tratarse de un local de ensayo, se silencia todo el material susceptible de producir algún tipo de ruido, como parches, platos de batería, etc. Se procede a realizar un cableado de previos y microfonía cómodo, evitando tiradas largas de cables y pasar cerca de tomas de corriente para así evitar posibles ruidos y zumbidos no deseados.

Posteriormente, se realiza una meticulosa puesta a punto de los instrumentos, como puede ser cambio de cuerdas o afinación. En este caso, se trataba de una batería que tenía el bombo con parche cerrado por ambos lados. Se procedió a realizar un orificio de unas 6" de diámetro para poder introducir el micrófono del bombo dentro. Al realizar el orificio, el sonido del bombo cambia considerablemente, por lo que se procede a realizar una cuidada afinación hasta conseguir el sonido deseado. Se ajusta la tensión del bordón y se coloca la batería completa en el lugar donde se realiza la grabación. En su momento se procederá igual con el resto de instrumentos, buscando el sonido adecuado. Por ejemplo, para guitarra y bajo se busca un ajuste meticuloso de los controles del amplificador y de los potenciómetros propios del instrumento.

Es muy importante dedicar el tiempo necesario a la puesta a punto de los instrumentos y búsqueda del sonido y color deseado puesto que es el sonido que se va a grabar. Contar con buena materia prima es primordial para obtener un buen resultado final.

Por último, se procede a iniciar los distintos proyectos en el secuenciador. Es en este momento cuando se decidirá la resolución digital que tendrá el proyecto, es decir, se indicará el número de muestras por segundo que se tomarán y la longitud de palabra por cada muestra digitalizada. Para este proyecto se ha decidido digitalizar el audio a una calidad de 48 kHz y 24 bits por muestra. Es un formato estándar muy utilizado y, aunque se puede grabar a mayor frecuencia de muestreo (lo que implicaría un mayor consumo de procesos en el DAW que puede llegar a colapsar la máquina), la resolución de bits sí suele ser esta. Es importante conocer el equipo con el que se cuenta y saber cuánto partido se le puede sacar. Para proyectos de 25-30 pistas como éste, la resolución elegida es la idónea atendiendo al potencial del equipo utilizado.

Una vez decidida la calidad de audio con que se va a trabajar, se realiza una selección de entradas y salidas, asignando los interfaces físicos de la tarjeta de sonido a los buses lógicos que utiliza el secuenciador. Se crean las pistas necesarias y se asignan los buses que corresponden a cada una. Se ajusta el tempo de la canción y el buffer con el que se va a trabajar. Por último, se realiza el ajuste de monitorización para surtir de señal los auriculares y los altavoces para el sonido de la sala.

6.3.2 Distribución de la grabación

Este trabajo ha sido distribuido de un modo muy estandarizado. Se graba por instrumento y no por canción. Primero se graba la sección rítmica de todas las canciones (la batería y el bajo), para luego grabar la guitarra y por último la voz y los coros. Esta distribución no carece de lógica pues se basa sobre todo en las necesidades de una grabación multipista, donde los últimos en grabar escuchan como referencia a los primeros que grabaron. Además, se decide grabar todas las canciones seguidas, en vez de una a una para aprovechar la infraestructura necesaria en la grabación de cada instrumento (colocación del instrumento, de los micrófonos, etc.) y también por obtener un sonido más homogenizado, dándole contexto al conjunto de canciones, de modo que guarden similitudes sonoras.

Por ser la batería un elemento rítmico, no tiene necesita referencia de nadie, salvo del *tempo* de la canción. Aún así, la batería se ha grabado utilizando al bajista como ayuda, es decir, grabando a la vez. Ello requirió que el bajo se grabara utilizando una entrada de instrumento de la tarjeta de sonido para que no emitiera sonido al exterior y de ese modo se introdujera por los micros de la batería (se monitorizará por los cascos). Aunque se graba al bajista, es sólo una grabación de referencia ya que posteriormente grabará de nuevo para así hacer uso del amplificador de bajo (y también por centrarse únicamente en un instrumento en cada toma).

Una vez grabada la batería, es el turno del bajista, que guarda también lógica ya que ambos forman la sección rítmica, y la simbiosis entre batería y bajo es muy importante. Muchos golpes tienen que ir a la vez para conseguir una mayor contundencia en el sonido y crear una base rítmica más potente.

Dejando a un lado la grabación de la base rítmica, llega el turno de la guitarra, la cual se ha decidido grabar dos veces, o lo que se conoce como doblar la guitarra (técnica muy utilizada). El motivo de ello es conseguir un sonido más rico, ya que ambas grabaciones tienen ligeras variaciones en los parámetros que generan el sonido (guitarra y amplificador). Otro motivo que se busca también es la inexactitud en la ejecución, lo cual genera también una sensación sonora agradable. De no ser así, se hubiera decidido doblar la guitarra duplicando digitalmente las pistas, pero siempre es mejor la ejecución humana. Además, tener dos guitarras va a permitir abrir espacialmente la mezcla, ya que posteriormente se enviará cada una a izquierda y derecha en la mezcla estéreo.

Por último, llega el turno de las voces, donde normalmente, en la grabación, se le pasa de referencia al cantante todo el *playback* de la canción, es decir, todos los instrumentos (razón por la cual graba el último). Se procede a grabar la voz principal y los coros una canción tras otra. De este modo se da descanso a la voz entre una y otra canción, y nos podemos centrar en cada tema por separado ya que las voces agregan mucho carácter a una producción.

6.3.3 Toma de señal (técnicas microfónicas)

6.3.3.1 La Batería

La batería que se ha grabado es un modelo estándar que cuenta con un bombo, una caja, un *tom* base, un *hi-hat*, un plato *ride*, un *crash-ride* y un *crash*. Para grabarla se han utilizado un total de 9 micrófonos. Se ha elegido una microfonía cercana para conseguir un sonido claro e independizar el sonido que emite el instrumento del sonido ambiente lo más posible, es decir, la relación señal directa y señal reflejada de las paredes será máxima. El problema que tiene esta técnica es que al acercarse demasiado el micrófono a un elemento de la batería puede perderse el timbre global del elemento y obtener el timbre concreto de la parte donde se sitúa el micrófono. Esto se aprecia claramente cuando se acerca el micrófono a la caja, y según donde se coloque, las resonancias propias de la caja se acentúan más o menos. Para minimizar este problema se han utilizado varios micrófonos en los elementos de la batería más problemáticos, los de parche.

Por otra parte, para conseguir el sonido de los platos se ha utilizado la técnica *Over Head*, que da más profundidad al sonido, se obtiene el timbre global de la batería y, con una posición **A-B estéreo** de los micrófonos, se consigue la sensación estéreo que más tarde se le aplicará en la mezcla.

A continuación se muestran las imágenes recogidas durante la grabación:

- **Bombo:** AKG D112 y AKG C 518 M



Figura 6.22: AKG D112 dentro del bombo y AKG C 518 M fuera, cerca del golpeo de la maza

- **Tom Base:** Shure SM 57 y AKG C 518 M



Figura 6.23: Shure SM 57 apuntando al centro del *tom* base y AKG C 518 M apuntando al borde

- **Caja:** Shure SM 57 y AKG C 518 M (bordón)



Figura 6.24: Shure SM 57 en la caja



Figura 6.25: AKG C 518 M tapado para quitar presión del diafragma en el Bordón

- **Hi-Hat:** AKG Perception 150



Figura 6.26: AKG Perception 150 para el *hi-hat*

- **Platos (*ride, crash-ride y crash*):** 2 x AKG C 1000 S



Figura 6.27: *Over Head* creado con dos AKG C 1000 S



Figura 6.28: Detalle *Over Head* izquierdo y derecho

6.3.3.2 El Bajo

El bajo grabado para esta producción es un modelo eléctrico, por lo que se ha utilizado un amplificador de bajo con una pantalla de 4 altavoces. Por ser un grupo con poca instrumentación, se requería de un bajo muy contundente. Esto implica que nos interesaba conseguir un sonido con mucho cuerpo, es decir, con mucha componente frecuencial. Para ello se ha buscado conseguir un sonido que tuviera no sólo componentes importantes en los graves y medios graves, si no también en los medios agudos. Una manera de obtenerlos es aplicando cierta saturación en el amplificador, además de un compresor y una ecualización oportuna. También se utilizó micrófonos que trabajen bien en ese rango de frecuencias, como puede ser el Shure SM 57. Por último, una manera de obtener un resultado con mucho cuerpo es grabando varias pistas por toma. En concreto se han grabado 4 pistas. La primera es la señal directa del bajo sin tratar, que se obtiene de una salida auxiliar del amplificador. Esta señal puede ser posteriormente procesada con procesadores digitales o un amplificador virtual. La segunda pista es una señal de línea que puede obtenerse del amplificador y que está procesada por los componentes del mismo. Las otras dos son tomas obtenidas colocando micrófonos a los altavoces de la pantalla a la que surte de señal el amplificador, y que se muestra en la siguiente figura:



Figura 6.29: AKG D112 inferior izquierda y Shure SM 57 superior derecha

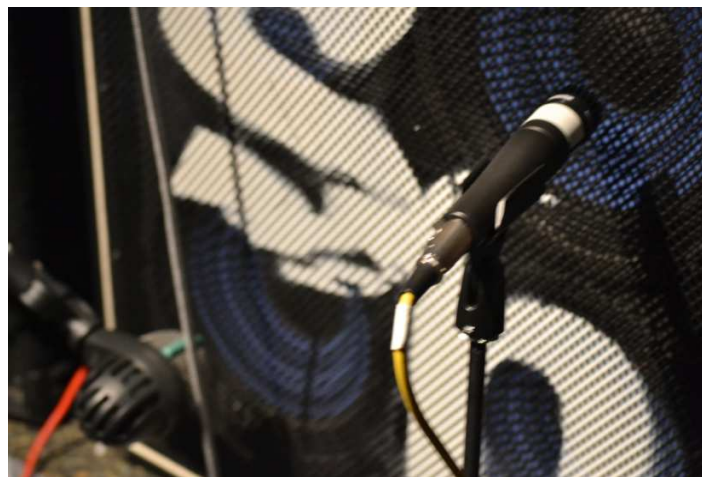


Figura 6.30: Detalle colocación micrófonos altavoces de bajo

Como se ve, se ha situado el micrófono diseñado para graves (AKG D112) en el altavoz inferior donde se obtiene mejor resultado en esas frecuencias. Además, está muy cerca del altavoz para aumentar el efecto proximidad, obteniendo un realce en graves. Por el contrario, el micrófono con mejor resultado en las frecuencias medias (Shure SM 57) se ha colocado en el altavoz superior. Con este micrófono se busca conseguir mayor definición en el sonido del bajo.

Aunque en el momento de la grabación no se haya decidido aún si se utilizarán todas las pistas, es bueno contar con distintas posibilidades. Tener 4 pistas de bajo con

distinto sonido permite un amplio abanico de resultados posibles. Será importante en el proceso de mezcla obtener el balance adecuado para conseguir el resultado que se desea.

6.3.3.3 La Guitarra

Se trata de una guitarra eléctrica, por lo que se cuenta con un amplificador de guitarra a válvulas que surte de señal a una pantalla con dos altavoces de 12" colocados en diagonal.

Se busca también conseguir mucho cuerpo en el instrumento por la misma razón que con el bajo, hay poca instrumentación. Pero en este caso no se busca obtener muchas líneas por toma, más bien doblar cada toma, es decir, grabar dos veces cada canción y reproducir ambas pistas. En realidad serán 4 pistas, igual que el bajo, porque cada toma contará con dos micrófonos.

Con el amplificador se distorsiona y ecualiza la señal para conseguir el sonido deseado. Ambas tomas tendrán ciertas diferencias en los parámetros del amplificador como en los de la guitarra (se ha seleccionado otra configuración de pastillas en la guitarra y variado los balances tonales de que dispone) para que cada toma tenga ciertas diferencias frecuenciales obteniendo un resultado más grueso frecuencialmente. En grandes producciones es habitual utilizar distintas guitarras y amplificadores para realizar esta suma de tomas. Además, para ciertos momentos, se ha utilizado un pedal de efectos. En concreto, un pedal de *delay* para generar retardos.

La técnica microfónica empleada para la grabación ha sido la de **par coincidente a 45°** haciendo uso de dos micrófonos Shure SM 57. Las cápsulas están muy juntas de modo que se eviten cancelaciones de fase. Estos micrófonos son un estándar en las grabaciones de este tipo de guitarras ya que trabajan muy bien a altas presiones, y su respuesta en frecuencia en el rango frecuencial en el que emiten las guitarras es muy buena. Proveen de mucho cuerpo a las grabaciones y, en definitiva, el resultado es de calidad. Además su precio es razonablemente bajo, por lo que este micrófono es realmente útil tanto en grabaciones como en sonido directo.

El amplificador utilizado cuenta con dos altavoces de 12" colocados en diagonal. Se ha elegido el superior para evitar frecuencias graves y resonancias que se excitan más en el inferior y que no interesan para una toma de guitarra, además de posibles problemas de fase por las reflexiones en el suelo. Los micrófonos se han colocado en el centro del cono, uno apuntando a su eje central y otro fuera de eje. Uno obtiene más pegada y contundencia y el otro más sonoridad.



Figura 6.31: Grabación de guitarra con par coincidente de dos Shure SM 57



Figura 6.32: Pedales guitarra (de arriba abajo): selector de canal del amplificador, delay, afinador

6.3.3.4 La Voz

Para la grabación de voz realmente no existen muchas técnicas donde aplicar una u otra según convenga. Hay quien graba haciendo uso de varios micrófonos situados a igual o distinta distancia. Hay quien varía la ganancia del preamplificador durante la grabación de modo que se obtenga una señal lo más optimizada posible mejorando el resultado final.

Realmente, lo importante es hacer una buena selección del micrófono a utilizar, y a ser posible, de la mayor calidad. Lo normal es utilizar un micrófono de condensador de gran diafragma por su mejor respuesta en frecuencia respecto a uno dinámico, aunque existen distintas posibilidades en función del resultado que se quiera obtener.

Es importante también utilizar un *antipop* para evitar que los golpes bruscos de aire producidos por la voz afecten al diafragma generando un ruido incómodo y molesto (*popping*), muy difícil (quizá imposible) de eliminar posteriormente en postproducción.

Por último, es muy importante trabajar una buena técnica del cantante a la hora de grabar. Se pueden realizar variaciones en la distancia entre el micrófono y el cantante según convenga y de ese modo jugar con el efecto proximidad y los distintos matices que aporta un micrófono. Depende de la intensidad con la que se cante en cada momento habrá que elegir la distancia al micrófono, al *antipop* y la postura propia del cantante. Elegir una buena altura del micrófono, de modo que ensanche los pulmones del cantante y esté lo más cómodo posible es otro método eficaz para mejorar sustancialmente una grabación.



Figura 6.33: Micrófono sE 2200a y *antipop* para grabación de voz

Anexo a este documento se incluyen todas las pistas de audio grabadas (*/Archivos de audio/Pistas/*.wav*). Las pistas están consolidadas de modo que hay sólo un archivo por micrófono o línea. Así se facilita su uso ya que durante la grabación se crean cientos de archivos de audio. Se podrá por tanto importar en un secuenciador para trabajar con el proyecto tal cual se obtuvo al finalizar el proceso de grabación.

7. El Proceso de Mezcla

Una vez finalizada la grabación por completo de todos los elementos de audio que participan en la producción comienza el **Proceso de Mezcla**. En este capítulo se abordará este complejo proceso, donde se mostrarán todos los ajustes y procesadores utilizados en las distintas pistas de audio con el fin de mejorar el sonido final, compuesto por la suma de todos los archivos de audio utilizados en el proyecto.

El proceso de mezcla es muy personal, y no existen dos personas que hagan exactamente la misma mezcla de un mismo proyecto. Muchos factores son los que influyen. El más importante es la sala de mezcla y los monitores de referencia que se utilicen, ya que un mismo proyecto suena de distinto modo según en qué sala y con qué altavoces se reproduzca, influyendo en los procesos que realice el ingeniero para modificar el sonido. Otro factor influyente es el uso de distintos procesadores o cadenas de procesos. Cada ingeniero tiende a acostumbrarse a ciertos procesadores, de los que conoce muy bien su respuesta y que le han servido satisfactoriamente en proyectos anteriores. Por otra parte, el propio oído del ingeniero también es un elemento a tener en cuenta, ya que cada persona puede percibir de manera distinta el sonido debido a distintos factores como pueden ser la edad, tiempo de exposición, volúmenes utilizados, etc. Y por último, un factor muy importante a la hora de mezclar música es el concepto que tiene cada persona sobre cómo y dónde debe sonar cierto instrumento o cierto estilo musical. Por tanto, se trata de un proceso muy subjetivo donde el trabajo del ingeniero toma especial relevancia en el resultado final obtenido.

Anexo a este documento se incluye un archivo (*/Archivos de audio/Canción Mezclada.wav*) con el resultado obtenido tras el proceso de mezcla.

7.1 El Proceso de Edición

Previo a la mezcla propiamente dicha, existe un proceso conocido como **Proceso de Edición**. Este proceso consiste en adecuar y mejorar los clips de audio grabado haciendo uso de las herramientas de edición que existen dentro del secuenciador. Ejemplos de estas herramientas son: cortar, pegar, dar o quitar ganancia, *fade out*, *fade in*, normalizar, mover, silenciar, etc. Este proceso no tiene por qué abordarse justo antes de la mezcla. De hecho, es un proceso que está continuamente realizándose, ya sea durante las grabaciones o durante la mezcla. Pero si es cierto que, antes de abordar el proceso de mezcla, conviene que esté realizado el mayor trabajo posible de edición ya que ayuda mucho trabajar con un proyecto bien editado y, de ese modo, prestar atención exclusivamente a los problemas del propio proceso de mezcla.

Las herramientas de edición son un conjunto de utilidades que ofrece el secuenciador mediante las que se mejora el resultado final de la producción y se facilita el proceso de mezcla. Con dichas herramientas se solucionan problemas de ejecución en la grabación como puede ser un sonido que no suena en el momento que debería o un golpe a un micrófono (este problema no tiene por qué ser motivo de repetición de una toma durante el proceso de grabación si se trata, por ejemplo, de una toma larga cuya ejecución ha resultado difícil o ha satisfecho especialmente al músico). Otro uso muy habitual consiste en ajustar la dinámica de los clips de audio grabado previo a los procesos de compresión o expansión. Este uso ayuda al funcionamiento de los

procesadores de dinámica al no tener que forzar los parámetros para su correcto funcionamiento. Para entenderlo se muestra la figura 7.1 como ejemplo:

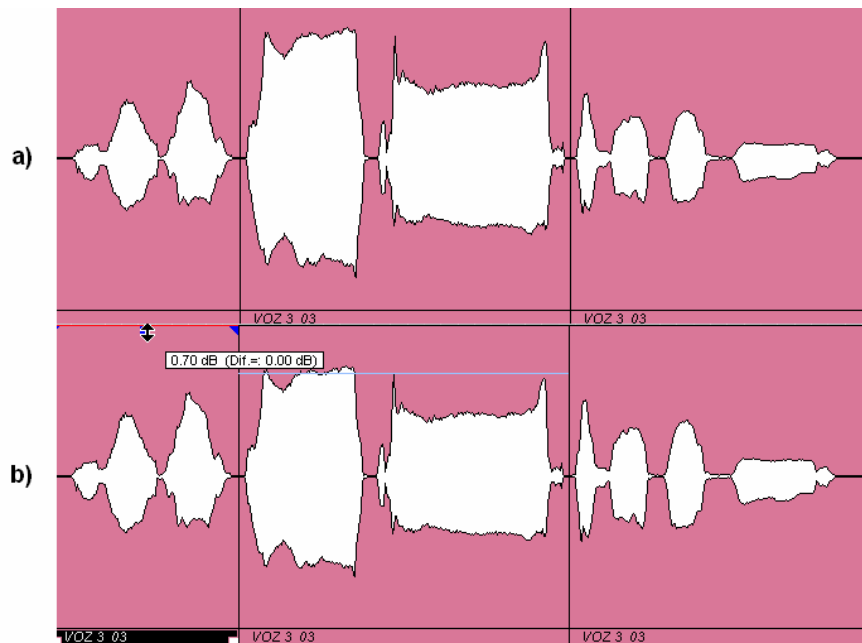


Figura 7.1: Edición de ganancia en clips de audio

En la figura se pueden ver 3 clips pertenecientes a la pista de Voz_3. El caso a) es la pista original, mientras que en el caso b) ha habido un ajuste de ganancia, aumentando el primer y último clip, y atenuando el clip central. De este modo los clips tienen menos dinámica ayudando a que un procesador de dinámica aplicado a esta pista trabaje mejor. De no hacer este ajuste, los parámetros del compresor variarían ya que desearíamos comprimir mucho el segundo clip y no tanto los otros. Este exceso de compresión puede afectar al sonido de ese clip produciendo un efecto no deseado. Del otro modo, los ajustes son más suaves y el resultado es mejor. Aunque hay que tener especial cuidado al aplicar estas ediciones ya que puede que deseemos mantener la dinámica original o que aumentemos mucho el ruido de fondo de un clip de audio al aumentar mucho la ganancia, algo que no se desea de ningún modo.

Otro uso muy habitual en el proceso de edición es la aplicación de *fades*.

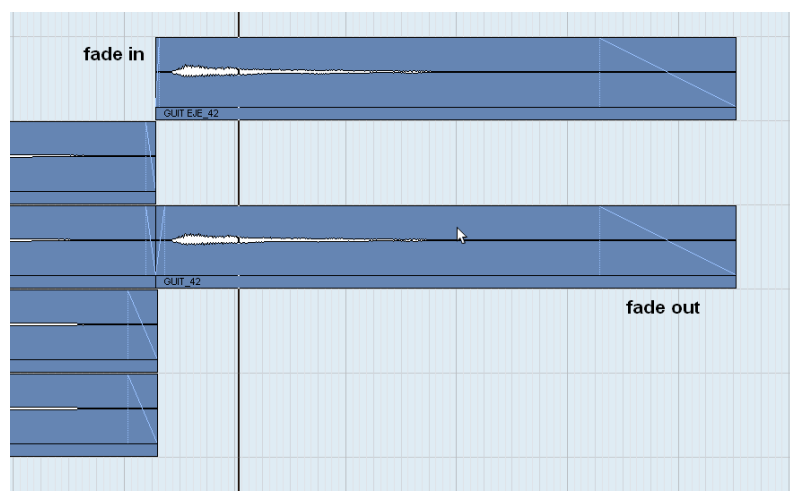


Figura 7.2: Edición de *fades* en clips de audio

En la figura 7.2 se pueden apreciar unos clips de audio correspondientes a distintas pistas de guitarra donde se ha aplicado una edición de *fades*. Esta edición se aplica al principio o final del clip generando un aumento o disminución de volumen de modo automático y gradual. Esta edición puede servir para distintos usos: el más obvio es para dar paso o cortar el sonido del modo que se desee. Otro uso puede ser para eliminar los clics digitales que suceden cuando se corta un clip por un lugar donde hay cierta tensión (figura 7.3). En tal caso, realizar *fades* evita que se produzca el clic. Otro uso más que se le puede dar a los *fades* es para suavizar impulsos muy bruscos producidos, por ejemplo, por instrumentos percusivos o por la voz, a causa del sonido producido por las consonantes más explosivas como pueden ser la “p”, “t”, “k”, etc. Realizando un pequeño *fade in* sobre ese impulso se suaviza mucho el efecto, haciendo más agradable el sonido.

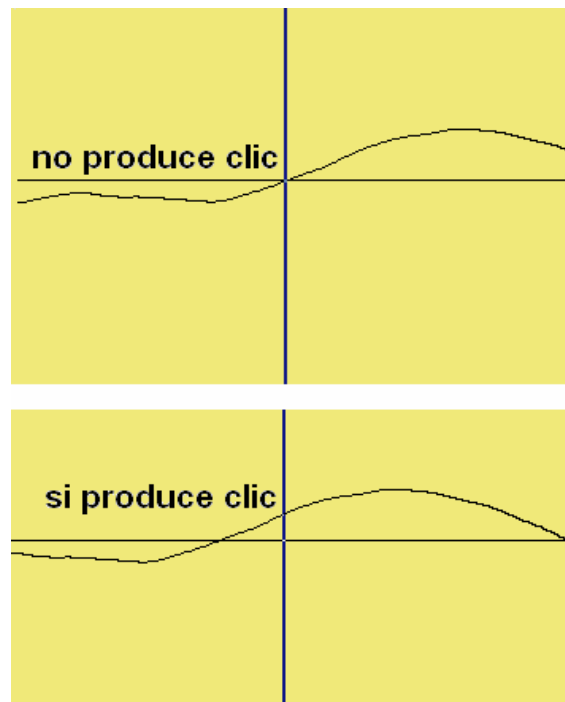


Figura 7.3: Corte de clip con y sin clic digital

7.2 El proceso de Mezcla

Una vez que se ha editado la mayor parte del proyecto y todos los clips de audio y pistas están adecuados y mejorados lo mejor posible haciendo uso de las herramientas de edición, toca empezar el **Proceso de Mezcla**.

Como se ha ido repitiendo a lo largo del proyecto en muchas ocasiones, no existe un guión prefijado a la hora de mezclar. No existen metodologías estandarizadas ni un listado de procesos que aplicados garanticen el mejor resultado. El proceso de mezcla está realmente en manos del ingeniero de mezcla, quien hará uso de su experiencia para decidir qué procesos y qué ajustes realizar con el fin de obtener el mejor resultado, y para ello, utilizar las técnicas o habilidades que desee. Utilizará la metodología con la que mejor resultados haya obtenido y que puede ser completamente diferente a la que use otro ingeniero.

Aún así, esto no quiere decir que el proceso de mezcla sea una anarquía total. Son muchos los criterios comunes que aplican los ingenieros para decidir qué procesos realizar. Por ejemplo, si una pista tiene mucha dinámica y se quiere reducir, todo ingeniero debe utilizar un compresor para solucionarlo. Si se quiere realizar una localización en el espacio de cierto instrumento o del habitáculo donde suena, es evidente que se utilizarán procesadores de efectos de reverberación o *delays*. Si son problemas frecuenciales con los que nos encontramos, un ecualizador será la mejor herramienta para acometerlos. Pero cómo realizar los ajustes, el orden, los procesadores concretos que usar, etc., son realmente decisiones subjetivas y propias de cada ingeniero.

Con todo esto se quiere hacer hincapié en que a continuación se describirá una metodología y una forma de trabajar que no tiene por qué ser la mejor ni la peor. Simplemente es una metodología que el autor de este proyecto utiliza habitualmente en sus procesos de mezcla y que ha ido creando en base a su experiencia y conocimientos.

A continuación se realiza un resumen de la metodología utilizada en este proyecto para posteriormente profundizar en los puntos más importantes del proceso de mezcla.

7.2.1 Metodología aplicada en este proyecto

Primeramente, se ha realizado la inserción de procesadores de dinámica. En este proyecto todos los canales llevarán algún tipo de procesador de dinámica. Como mínimo se insertará un ecualizador para tratar frecuencialmente la pista. Para ello, se realiza una escucha individualizada por canal o pista y se insertan los procesadores que se crean oportunos ajustando sus parámetros. Una vez obtenido el sonido que se desea a la salida de cada procesador, se realiza un ajuste de ganancia del mismo de modo que no se obtenga ningún tipo de saturación a lo largo de la canción (todo procesador de dinámica puede generar saturación a su salida ya que está trabajando sobre la dinámica de una señal, por lo que tienen un parámetro que ajusta el nivel de salida). Una vez aplicados los procesadores y obtenido el resultado deseado, se ajusta el volumen general de la pista para que esté entre -12 y -6 dBFS. Es importante ir controlando el nivel de señal que genera cada canal ya que posteriormente, al sumar todos los canales, se puede producir saturación en los buses principales como el “bus Máster”. Además, conviene dejar cierto margen ya que posteriormente se realizarán procesos a varios canales a la vez y, si enviamos señales próximas al nivel de saturación, se tendrá poco margen de actuación a la hora de insertar nuevos procesadores de dinámica. Este concepto se entenderá mejor cuando se vea el apartado de los “Grupos”.

Para ingenieros con poca experiencia en el proceso de mezcla, conviene no obcecarse demasiado con obtener el mejor sonido individualizado por pista, ya que esto no implica que vaya a sonar bien con el resto de pistas. Es un clásico error buscar un sonido grande, potente y con mucha presencia de cada pista individualizada, y al escuchar todas juntas, se aprecie que se estorban unos sonidos con otros. La razón de este problema es que no todos los sonidos deben tener la misma presencia o fuerza. Cada instrumento o cada pista tiene su lugar dentro de la mezcla, y el éxito del proceso de mezcla está en saber encontrar el lugar de cada sonido y utilizar las herramientas que se disponen para llevarlo ahí.

Por lo tanto, una vez procesados los canales individualmente, es momento de tratarlos en conjunto, ya que lo importante es cómo suenan todas las pistas a la vez, y difiere mucho del sonido individual. Es importante ir realizando escuchas del conjunto de la canción para ir viendo como resultan los procesos y ajustes que se realizaron en el procesamiento individual (con la experiencia cada vez será menos necesario realizar este tipo de escuchas de prueba ya que se tendrá más claro los procesos que se quieren realizar). Para poder trabajar con varias pistas a la vez se hace uso de los **Grupos**, que no son más que buses lógicos internos del secuenciador a los que se dirige un conjunto de pistas. Al grupo se le pueden insertar procesadores al igual que a una pista de audio.

Posteriormente hay que fijarse en los procesadores de efectos. Se deciden los procesadores que se van a utilizar y se insertan en el proyecto. Se les enviará señal a través de los **envíos auxiliares**. Estos envíos vuelven a ser buses lógicos del secuenciador. Se diferencian de los envíos a grupos en que un envío auxiliar duplica la señal, es decir, se envía señal por el auxiliar pero sigue saliendo señal de la pista hacia el bus que tenga asignado, que puede ser un grupo o el Máster. Se puede elegir la cantidad de señal que se envía por el auxiliar, y será proporcional al volumen general de la pista si se trata de un envío *postfader*, o por el contrario, se enviará un nivel de señal constante si se trata de un envío *prefader*. La señal llega a los procesadores de efectos y se obtiene a su salida señal completamente procesada que se sumará a la original.

Por último, se realizará una automatización del proyecto. La automatización consiste en crear unos ajustes en el proyecto que no sean constantes, sino que varían en función del tiempo. Automatizaciones de volumen son las más comunes, ya que es difícil que ajustando los volúmenes de cada pista se obtenga el nivel de señal deseado en toda la canción. Con la automatización se programará el volumen deseado de cada pista en cada instante de la canción. Pero no sólo puede automatizarse el volumen; prácticamente todos los parámetros son susceptibles de automatización. Tanto los parámetros del secuenciador como los parámetros de los distintos procesadores que se utilicen.

7.2.2 Procesado individual

A continuación se indicarán los procesadores de dinámica que se han aplicado a cada pista del proyecto.

7.2.2.1 Bombo - AKG D112

En la figura 7.4 se pueden ver los procesadores de dinámica utilizados en una de las pistas de bombo, en concreto la pista que tiene grabado el audio recibido por el micrófono dinámico AKG D112. Se ha utilizado un compresor y un ecualizador mono del fabricante de *software* **Waves**. Estos *plugins* son de la serie **API**. Los *plugins* **API** son simulaciones de los equipos *hardware* del mismo nombre. Se trata de unos equipos muy conocidos y de alta calidad. Estos *plugins* simulan dos de los modelos más conocidos y renombrados de la marca, el compresor **API-2500** y el ecualizador **API-550B**. Tienen un sonido muy cálido, con gran resolución en las frecuencias medias y agudos poco estridentes, algo que se agradece ya que es común el exceso de agudos en

los ecualizadores de *software*. Además, tiende a respetar la definición de los graves, importante a la hora de no ensuciar la mezcla.

Fijándonos en la figura 7.4, pueden verse los parámetros seleccionados en ambos procesadores. En el compresor se busca una compresión moderada, con un *ratio* de 6:1 y ajustando el umbral de compresión de modo que la ganancia de reducción no supere los -12 dB. El tiempo de ataque es lento (3 ms) para evitar perder la pegada del bombo. El tiempo de relajación es rápido para que sólo comprima un golpe de bombo y se respete la intensidad durante la ejecución. Se ha aplicado una reducción de ganancia para mantener los niveles lejos de la saturación y tener espacio de actuación con el ecualizador.

En cuanto al ecualizador, se trata de un conjunto apilado de varios ecualizadores en una misma interfaz. Empezando por abajo tenemos: un ecualizador conmutable entre *shelving* y semiparamétrico de Q constante (ecualización tipo *peak*), dos ecualizadores semiparamétricos de Q constante (tipo *peak* también) y, por último, otro ecualizador conmutable entre *shelving* y semiparamétrico de Q constante (también tipo *peak*). Los parámetros del ecualizador son los comunes en este tipo de instrumento: un realce en graves y en 5 kHz para obtener el ataque del bombo y que de ese modo tenga mayor impacto en la mezcla.



Figura 7.4: Procesado de la pista de Bombo grabada con micrófono AKG D112

7.2.2.2 Bombo - AKG C 518 M

A continuación, en la figura 7.5 se muestran los procesadores de dinámica aplicados a la segunda pista de bombo. Esta pista es la grabación del micrófono de condensador colocado en el parche donde golpea la maza. Busca sacar un sonido muy seco y definido del golpe de la maza y así obtener un sonido más compacto del bombo. La pista ha sido

cambiada de fase 180° debido a la posición del micrófono, opuesto al micrófono dinámico dentro del bombo. De este modo se evita cualquier problema de cancelación de fase en la suma de ambas pistas.

Esta vez se han utilizado dos *plugins* distintos. En concreto un ecualizador paramétrico de la marca **apEQ** y un *channel strip* de la marca **Solid State Logic**. El primero es un *plugin* muy útil a la hora de limpiar frecuencialmente una pista ya que permite un control total de los parámetros de un ecualizador, y se pueden apilar todos los que se deseen. Además, muestra la respuesta en frecuencia de la señal reproducida, lo que ayuda a la hora de elegir los parámetros del ecualizador. El segundo *plugin* se trata de un *channel strip*, lo que quiere decir que en una misma interfaz tiene los procesadores de dinámica más comunes (conjunto de ecualizadores, compresor y puerta de ruido). Simula un *channel strip* en formato hardware de la misma marca, *Solid State Logic*, cuyos equipos son un estándar de alta calidad en el mundo de la producción musical.

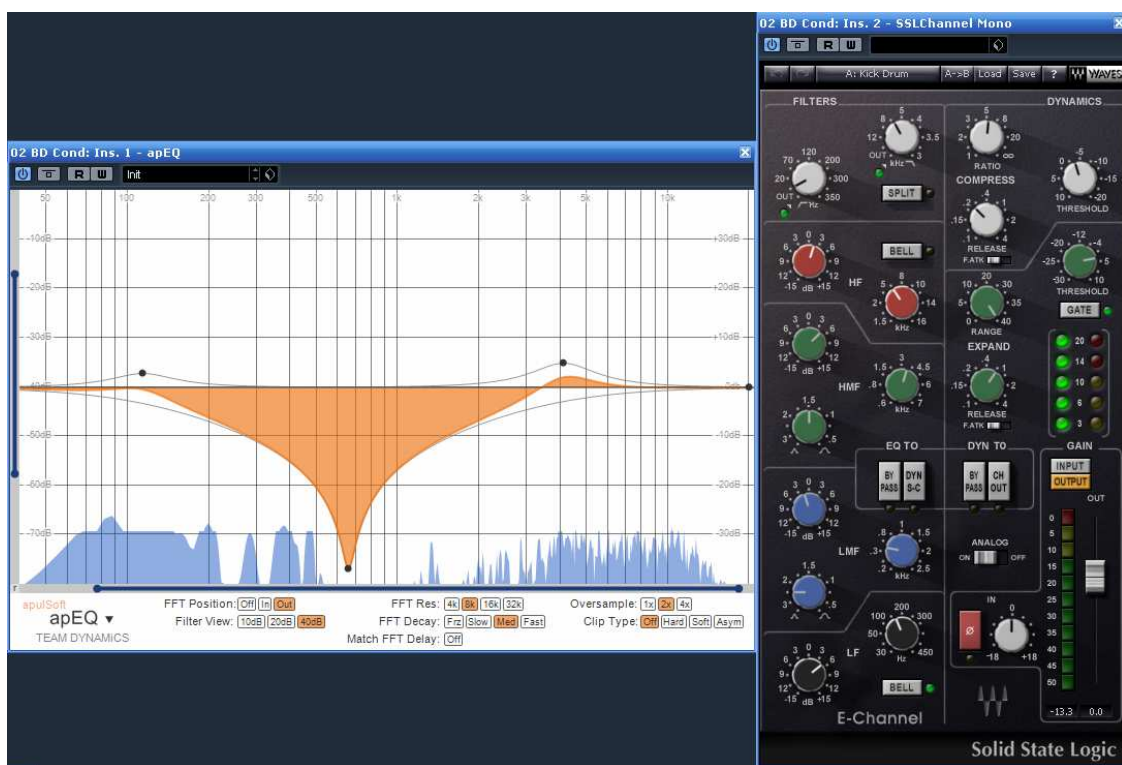


Figura 7.5: Procesado de la pista de Bombo grabada con micrófono AKG C 518 M

El primer ecualizador se ha utilizado básicamente para borrar todo sonido procedente del bordón de la caja, la cual estaba muy cerca del micro, y al ser este de condensador, por su alta sensibilidad ha registrado gran parte de su sonido.

Con el segundo procesador se ha buscado realizar todos los ajustes haciendo uso de un único *plugin* para evitar sobrecargar el DAW ya que esta pista sirve de refuerzo a la pista de bombo grabada con el micrófono dinámico de modo que se gane en pegada y contundencia. Se ha realizado una compresión moderada y se ha ajustado la puerta de ruido para que deje pasar sonido sólo en los golpes de bombo. El ajuste de los ecualizadores es similar al de la otra pista de bombo.

7.2.2.3 Caja - Shure SM 57

En la siguiente figura (7.6) se muestran los procesos aplicados a la pista de caja grabada con el micrófono dinámico Shure SM 57.

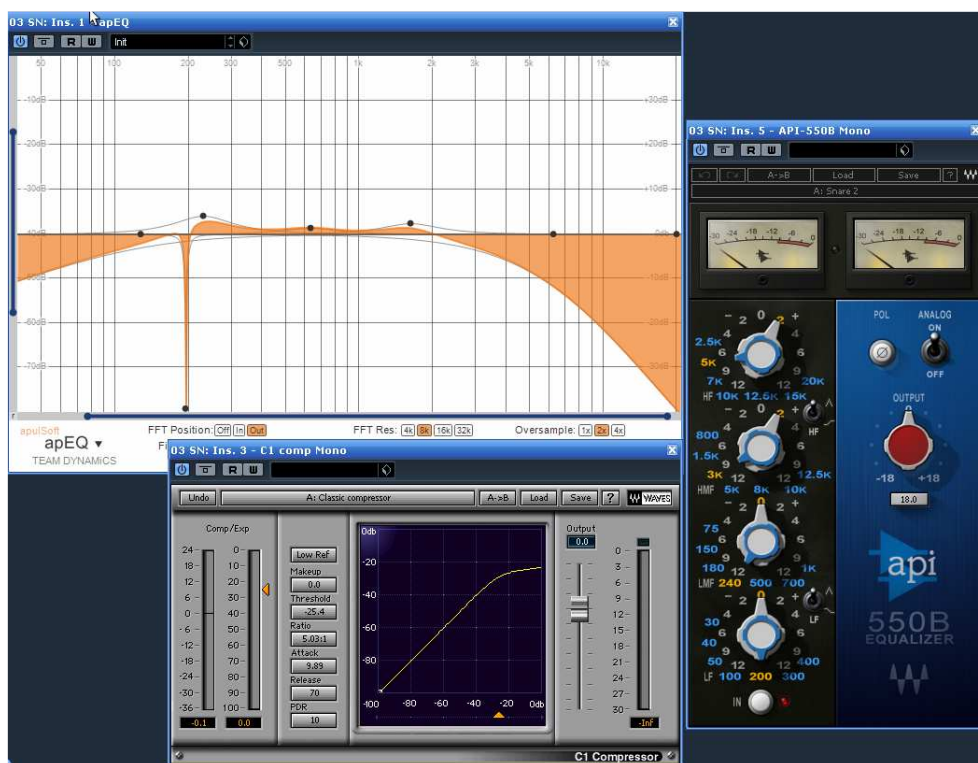


Figura 7.6: Procesado de la pista de Caja grabada con micrófono Shure SM 57

En esta ocasión son tres *plugins* utilizados: el ecualizador **apEQ**, el compresor **C1** de Waves y el ecualizador **API-550B** de Waves.

De nuevo se utiliza el ecualizador *apEQ* para limpiar la pista. Aparte de dos filtros paso alto y paso bajo y tres ecualizaciones tipo *peak* muy suaves, se puede ver un filtro *notch* en aproximadamente 200 Hz debido a una resonancia malsonante que se encontraba en la grabación.

Posteriormente se ha realizado una compresión no muy agresiva, pues el ratio es moderado (5:1), pero sí generando mucha ganancia de reducción (del orden de -12 a -18 dB) disminuyendo mucho el umbral de compresión. Esto es debido a que esta caja tiene mucha dinámica, y por el tipo de música se busca tener controlado el nivel de señal producido en cada golpe de caja que hay en la pista.

Por último, se introduce otro ecualizador, esta vez uno más musical que el *apEQ*, para realzar los agudos y dar presencia a la caja dentro de la mezcla.

7.2.2.4 Caja Bordón - AKG C 518 M

A continuación (figura 7.7) se muestra el único *plugin* que lleva la pista correspondiente al micrófono de condensador colocado debajo de la caja y que recoge el sonido producido por el bordón.



Figura 7.7: Procesado de la pista de Bordón grabada con micrófono AKG C 518 M

Esta vez se ha escogido el *channel strip* de **Solid State Logic**. Como se indicaba anteriormente, este procesador contiene ecualizadores, compresor y puerta de ruido. Se ha comprimido agresivamente con un ratio de casi 8:1 y con un umbral de compresión muy bajo (-20 dB) para conseguir mucha ganancia de reducción. Con este micrófono se pretende obtener sólo el sonido del bordón controlado en dinámica. El tiempo de ataque es lento, motivo por el que es necesario reducir tanto el umbral de compresión para obtener altos niveles de ganancia de reducción (si fuera rápido, afectaría al transitorio inicial de la caja resultando una GR mucho más agresiva). No obstante, se podría haber escogido un tiempo de ataque rápido, ya que el ataque de la caja está más presente en la pista del micrófono dinámico colocado en el parche superior, pero en este caso se perdía mucha sonoridad ajustando el tiempo de ataque rápido.

Por otra parte, se ha utilizado la puerta de ruido del *plugin* para eliminar el resto de sonidos que no nos interesan en esta pista, como puede ser el bombo. En algunos casos puede interesar el sonido producido por el bordón al tocar el bombo, pero en esta grabación ya se contaba con un micrófono de condensador en el bombo que recogía sonido de la caja y nos interesa ir eliminando de las pistas los sonidos no deseados lo más posible para tener una mezcla limpia.

Por último se ha realizado la ecualización. En este caso está formado por dos ecualizadores *shelving* conmutables a *peak*, dos paramétricos y dos filtros (paso alto y paso bajo). Se ha filtrado paso alto a 110 Hz para eliminar el sonido grave procedente del

bombo y se han excitado frecuencias que nos interesan. Los agudos a partir de 8-9 kHz para dar presencia a la caja, y en 160 y 900 Hz para dar peso y profundidad ya que el sonido recogido por el otro micrófono carecía de contundencia.

7.2.2.5 Hi-Hat - AKG Perception 150

En la figura 7.8 se ve el procesado que ha recibido la pista del plato hi-hat.

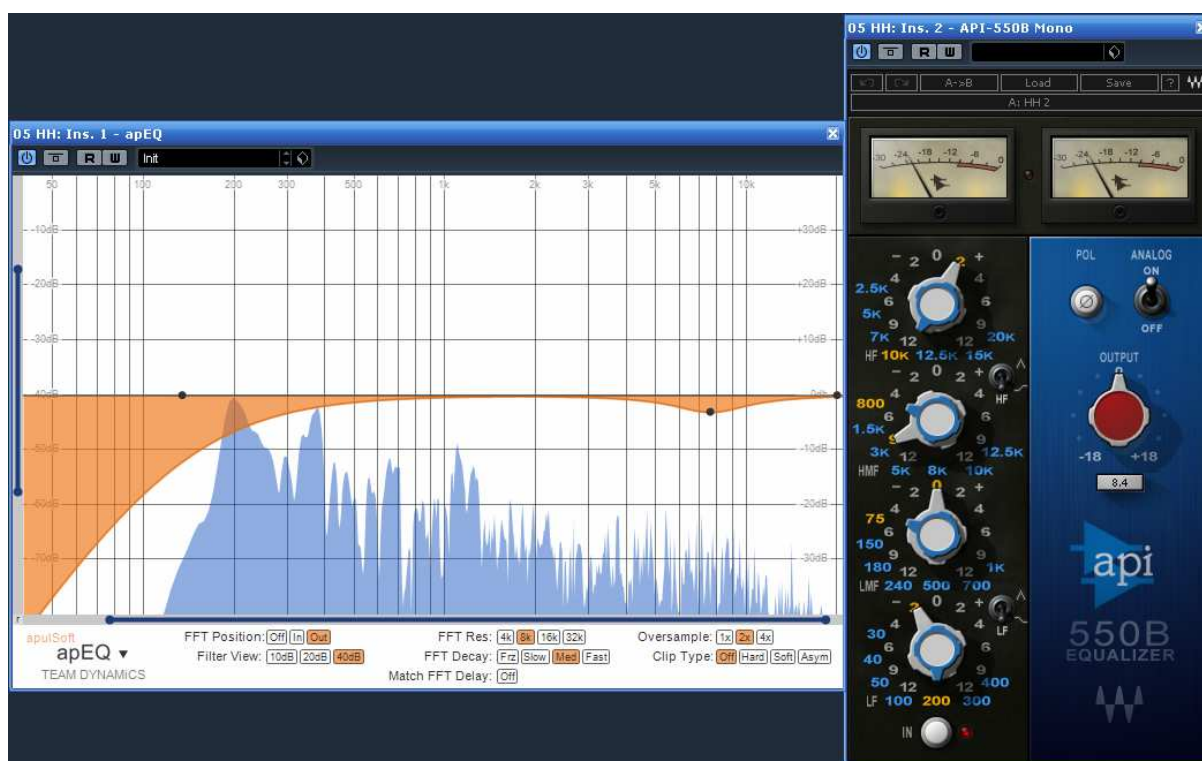


Figura 7.8: Procesado de la pista de Hi-Hat grabada con micrófono AKG Perception 150

Este elemento de la batería cuenta con dos procesadores y dos ecualizadores, uno para limpiar la pista y otro para disponer dentro de la mezcla con los demás instrumentos.

El primero es el ecualizador *apEQ*, que cómo se ha indicado en los puntos anteriores, es utilizado para limpiar una pista de las frecuencias que no interesan o que no excita de manera importante el elemento que se microfona, y de ese modo evitar sonidos no deseados en la pista. En esta ocasión se ha hecho un filtrado paso alto en 140 Hz. También se han reducido un poco la ganancia de las frecuencias cercanas a 7.5 kHz para eliminar estridencias producidas por estos platos.

El segundo ecualizador busca ajustar este instrumento dentro de la mezcla. Para ello se le aporta brillo a partir de 10 kHz. Cuando se acentúan estas frecuencias se consigue traer a planos más cercanos el sonido, y que de ese modo no se quede muy en el fondo, ya que el bombo y la caja tendrán también planos cercanos, y faltaría coherencia en la mezcla si elementos de un mismo instrumento están en planos distintos. Por otra parte se ha reducido 9 dB en las frecuencias cercanas a 800 Hz porque había demasiada presencia en las frecuencias medio graves y también para eliminar peso de la caja que se recoge con este micrófono.

Conviene indicar que este micrófono se ha utilizado como apoyo para reforzar el sonido del hi-hat recogido por los micrófonos *overhead*.

7.2.2.6 Tom Base - AKG C 518 M

Para procesar la pista del *Tom Base* grabada utilizando el micrófono de condensador se ha escogido el *channel strip* de **Solid State Logic**. En la figura 7.9 se puede ver la configuración que se ha utilizado para este plugin.



Figura 7.9: Procesado de la pista de Tom Base grabada con micrófono AKG C 518 M

La pista de *Tom* se ha editado por completo a mano por lo que la puerta de ruido aparece sin activar. Tiene una compresión moderada donde se ha dejado un tiempo de ataque lento ya que en instrumentos graves como puede ser el *Tom Base*, tiempos de ataque rápidos hacen perder drásticamente la pegada y el peso del instrumento, algo que este elemento de la batería debe tener presente.

Por parte del ecualizador, se han realizado las frecuencias sobre los 190 Hz y se ha filtrado paso bajo en 12 kHz ya que este instrumento no emite significativamente a frecuencias tan agudas. Por otra parte, se ha realizado las frecuencias medias-agudas para sacar la pegada del instrumento.

7.2.2.7 Tom Base - Shure SM 57

A continuación, en la figura 7.10, se muestran los procesadores utilizados para la pista del *Tom Base* grabada con el micrófono dinámico: un *channel strip* de **Solid State Logic** y un ecualizador **API-550B**.



Figura 7.10: Procesado de la pista de Bordón grabada con micrófono Shure SM 57

Para el *channel strip* se ha utilizado la misma configuración que con el otro micrófono del Tom. Pero aparte, se le ha añadido un ecualizador musical como el API para realzar un poco los graves y medios. Con este ecualizador se consigue mezclar mejor junto al resto de la batería.

Como se están haciendo realces de frecuencias, se han reducido las salidas generales de cada procesador para conseguir los niveles de señal que deseamos, en torno a los -12 dBFS.

7.2.2.8 Over Head L - AKG C 1000 S

En la grabación se ha utilizado un par estéreo *over head* para microfonear los platos de la batería. Como la batería no tiene muchos platos, aunque el par *over head* recoja el sonido general de la batería, un micrófono del par estará enfocado para obtener el sonido del plato *ride* y otro que recoge el sonido del plato *crash* y algo del *hi-hat*.

En la figura 7.11 se muestran los procesadores aplicados a la pista correspondiente al micrófono izquierdo del par estéreo, el que está dirigido al plato *ride*. Los procesadores utilizados son: ecualizador **apEQ**, compresor **Solid State Logic** y ecualizador **API-550B**.



Figura 7.11: Procesado de la pista *Over Head L* grabada con micrófono AKG C 1000 S

En el ecualizador *apEQ* se han insertados tres ecualizadores: un filtro paso alto a 190 Hz ya que por debajo de esa frecuencia los platos no generan señal significativa, un ecualizador tipo *peak* con banda central en 400 Hz para reducir la presencia del rango de frecuencias medio graves y por ultimo un ecualizador tipo *shelving* para reducir las estridencias, que eran muchas, a partir de 3 kHz.

Posteriormente se ha usado el compresor *G-Master* de la marca *Solid State Logic*, simulando a un modelo de *hardware* que tienen entre sus equipos comerciales. Este compresor se caracteriza por ser suave y cálido, lo que significa que utilizado con criterio se consigue un efecto muy musical, mejorando la inteligibilidad del sonido procesado y consiguiendo buena resolución a frecuencias graves. Con él se ha buscado conseguir densidad en el sonido de los platos de modo que ganen en presencia, pero con una compresión suave, con un ratio de 4:1 y sin forzar el umbral de compresión consiguiendo ganancias de reducción entre nada y - 6 dB. Los tiempos de ataque y relajación son rápidos. De este modo se consigue reducir el sonido de la caja sin afectar significativamente al sonido de los platos, ya que suele tener mucha presencia en las pistas de *over head* por ser micrófonos de condensador, y la caja es un elemento muy sonoro. De este modo, con un tiempo de ataque y relajación rápido se comprimen los impulsos más dinámicos, algo que afecta muy negativamente (atendiendo al nivel de señal) al sonido de la caja, pero mucho menos al sonido de los platos.

Por último se ha insertado el ecualizador API, que como se viene utilizando en el resto de pistas, nos sirve para empastar en la mezcla con el resto de instrumentos. Se ha decidido dar ganancia en 700 Hz para dar peso al *ride* y en 12.5 kHz mediante un *shelving* para recuperar algo de brillo (perdido por el *apEQ*) y ganar en presencia.

7.2.2.9 Over Head R - AKG C 1000 S

La pista correspondiente al micrófono derecho del par estéreo *over head* lleva la misma configuración de procesadores de dinámica que el micrófono izquierdo. Solo cambian ligeramente los parámetros de los *plugins*. El cambio más significativo está en el ecualizador API donde se han reducido más los agudos a partir de 7 kHz ya que resulta

mucho más estridente el plato *crash* y el *hi-hat* que el *ride*. En la figura 7.12 se pueden ver los parámetros aplicados.

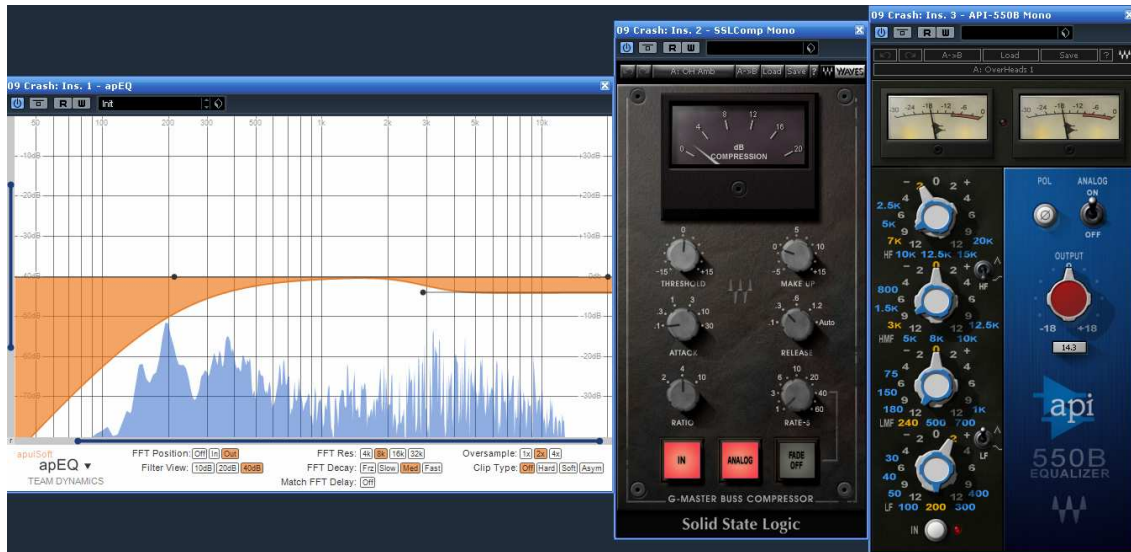


Figura 7.12: Procesado de la pista *Over Head R* grabada con micrófono AKG C 1000 S

7.2.2.10 Bajo

El bajo consta de cuatro pistas grabadas, una mediante el previo del amplificador, otra es la señal directa del bajo y las dos últimas son con sendos micrófonos, un Shure SM 57 para frecuencias medias y un Shure D112 para frecuencias graves. Posteriormente se explicará en el apartado correspondiente al “procesado en grupo”, pero se adelanta que la pista con la grabación de la señal de bajo directa no se ha utilizado en la mezcla. Para conseguir el sonido de bajo se ha realizado un balance entre las otras tres señales, donde se ha tenido que cambiar la fase 180° de la señal grabada del previo *Ashdown* debido a que estaban ocurriendo cancelaciones de fase en la suma de las tres señales.

El proceso individual que se ha realizado a cada una de las tres pistas que se van a utilizar para conseguir el sonido global del bajo es el mismo: un compresor de **Solid State Logic** (figura 7.13). Su busca básicamente tener controlada la dinámica de todas las pistas para tener las frecuencias graves controladas y no haya notas de bajo que destaquen especialmente al salirse del nivel general que tienen las pistas. Se ha realizado una compresión muy moderada intentando que la ganancia de reducción sea lo más pequeña posible (entre 0 y -6 dB) para el nivel estándar de la pista, y reducciones mayores para los pequeños picos de señal. El tiempo de ataque es lento para evitar que se pierda el ataque y los graves de las pistas. El tiempo de relajación es automático, el cual da un procesado muy suave de modo que apenas se note el *plugin*.



Figura 7.13: Procesado de las tres pistas de Bajo usadas (previo *Ashdown*, Shure SM 57 y Shure D112)

7.2.2.11 Guitarras

Por su parte, todas las guitarras llevan el mismo procesado individual. Se ha utilizado un ecualizador **API-550A** (figura 7.14) para recortar 2 dB por encima de 5 kHz. Este ecualizador simula al estándar de la industria musical del mismo nombre y es muy similar al *550B*. Cambia en que tiene 3 ecualizadores en lugar de 4 y cuenta con un filtro paso alto y paso bajo.

Se ha realizado esta reducción de agudos para evitar estridencias y falta de definición ya que la suma de todas las pistas genera un exceso en esa banda de frecuencias. El procesado importante de las guitarras viene al tratarlas en grupo por lo que esta ecualización es únicamente para corregir este defecto de exceso de agudos.



Figura 7.14: Procesado individual de las pistas de Guitarra

7.2.2.12 Voz 1 - sE 2200 A

En la figura 7.15 se muestra el procesamiento realizado a la pista de Voz 1, la voz principal.



Figura 7.15: Procesado de la pista de Voz grabado con micrófono sE 2200A

Se han utilizado los procesadores siguientes: ecualizador **apEQ**, compresor **C1** de *Waves*, compresor **API-2500**, ecualizador **API-550B** y el maximizador **Oxford Inflator** de *Sonnox Oxford*.

Primeramente se ha limpiado la pista haciendo uso del ecualizador *apEQ* como se viene utilizando en pistas anteriores: se ha filtrado paso alto y reducido algunas frecuencias problemáticas. Posteriormente se han insertado dos ecualizadores en cascada. La razón de ello es que uno realiza una compresión agresiva ya que tiene mucha dinámica la voz y el otro realiza una compresión moderada-alta al haber reducido el primer compresor la dinámica de la pista. El uso de varios compresores en cascada permite mejorar el rendimiento de los mismos al ir ajustando los parámetros a la dinámica obtenida en la salida de cada procesador. El compresor *C1* realiza la compresión agresiva con un *ratio* de 7:1 y ataque rápido. Se ajusta el umbral de compresión para obtener ganancias de reducción entre -6 y -12 dB. El otro compresor tiene una relación de compresión alta (10:1) pero el valor de ataque es más lento, lo que produce menos compresión, además de que el umbral de compresión es menos agresivo.

Con el ecualizador *apEQ* se da algo de presencia en las frecuencias propias de la voz, alrededor de los 3 kHz y se reduce un poco los agudos en 7 kHz para evitar exceso de seseo.

Por último, con el maximizador se consigue aumentar la sonoridad de la pista respetando teóricamente la respuesta frecuencial y la dinámica.

7.2.2.13 Resto de Voces - sE 2200 A

En la figura 7.16 se muestran los procesadores que se han utilizado en cada una de las pistas de voz que no son la principal. La combinación de procesadores es la misma salvo que en esta ocasión no se hace uso del maximizador porque no se requiere tanta presencia de estas voces. Se ha utilizado: ecualizador **apEQ**, compresor **C1** de *Waves*, compresor **API-2500** y ecualizador **API-550B**.

Con el *apEQ* se ha realizado únicamente un filtrado paso alto a 110 kHz para eliminar cualquier frecuencia por debajo.

Con los compresores se ha buscado el mismo resultado que para la voz principal, dos compresiones, la primera más agresiva que la segunda, y de ese modo reducir la dinámica de la voz.

El ecualizador esta vez se ha utilizado para restar presencia a la voz, ya que al tratarse de voces secundarias tienen que estar en un plano más retrasado que la voz principal. Se restan 2 dB en las frecuencias cercanas a 3 kHz, pero se potencia a 1 kHz para no perder demasiado en la banda de frecuencias medias y por encima de 12 kHz para ganar algo de brillo.



Figura 7.16: Procesado de la pista del resto de Voces grabadas con micrófono sE 2200A

7.2.3 Procesado en Grupos

Una vez que se han editado lo suficiente todas las pistas de audio, existen más herramientas o metodologías de trabajo que ayudan a facilitar el proceso de mezcla. Una de ellas muy importante es el uso de **los grupos**. Los grupos son buses internos que se utilizan para redirigir y procesar varias pistas conjuntamente. Esos grupos luego redirigen su señal a la salida Máster, que se puede considerar un grupo que contiene todos los grupos. Por lo tanto, los grupos pueden considerarse premezclas de la mezcla final. El uso de grupos no impide el procesamiento individual de cada pista, que lo hay como se ha explicado en el apartado anterior, pero sí ayuda a empastar todas las pistas para que el sonido global tenga mayor correlación. Además, simplifica mucho el trabajo, ya que tratar todas las pistas individualmente hace muy complejo el proceso de mezcla.

En la figura 7.17 se puede ver un diagrama donde se muestra el flujo de la señal de audio dentro de un proyecto con grupos.

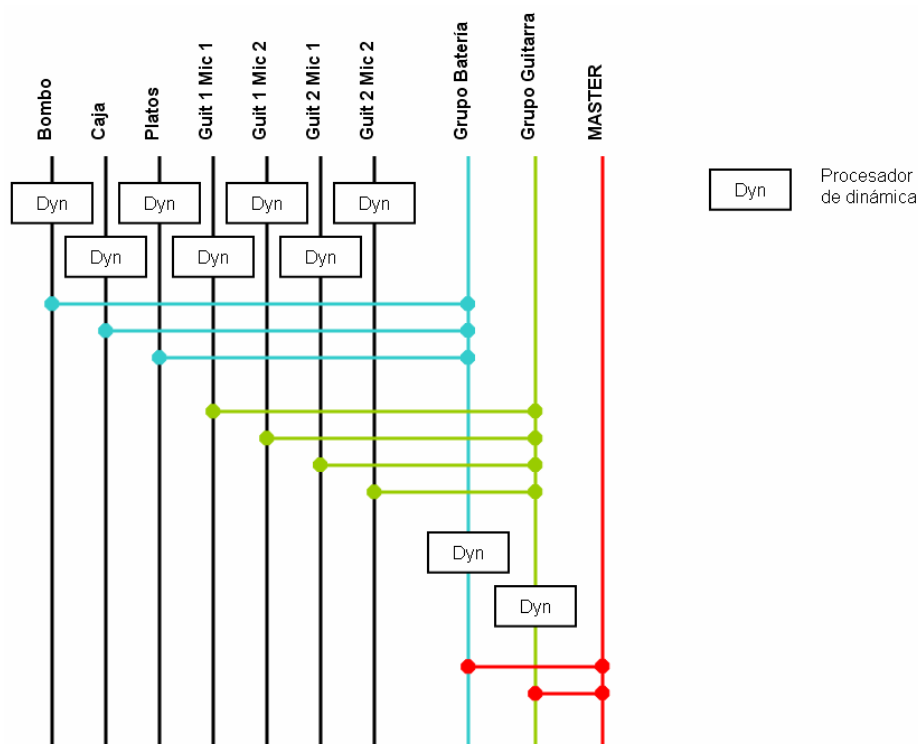


Figura 7.17: Diagrama de buses de un proyecto multipista con grupos

En la figura se representan distintas pistas de batería (Bombo, Caja y Platos), las cuales corresponden a distintos micrófonos para una misma toma, y se han agrupado en un grupo llamado “Grupo Batería”. Por otra parte, tenemos el “Grupo Guitarra”, que recoge la señal de dos guitarras, cada una grabada con dos micrófonos. Ambos grupos son procesados y dirigen su señal hasta el grupo “Máster”, cuyo bus lógico suele corresponder con los interfaces físicos de salida principales de la tarjeta de sonido. Por lo tanto, los procesos aplicados a los grupos afectan al sonido de las pistas que envían señal al mismo.

Los grupos suelen ser buses estéreos (dos buses asociados, izquierdo y derecho), por lo que cada pista tiene un “control de panorama” que sirve para enviar más señal a

un lado del grupo que al otro. Si tenemos un canal con el control de panorama completamente a la izquierda, sólo llegará al bus izquierdo del grupo, y este a su vez enviará el sonido de esa pista al bus izquierdo del Máster. Además, el control de volumen individual de cada pista indica la cantidad de señal que se envía al grupo, y éste a su vez tiene otro control de volumen que indica la cantidad de señal habida en ese grupo que se envía al Máster.

Se pueden agrupar distintas pistas atendiendo a varios criterios. Uno de ellos puede ser el de agrupar pistas de un mismo instrumento si ese instrumento se ha grabado con varios micrófonos por toma (en este proyecto se ha utilizado este criterio a la hora de agrupar las pistas de la batería y el bajo). Otro criterio utilizado podría ser el de agrupar todas las pistas concernientes a un mismo instrumento (este criterio se ha utilizado para las pistas de guitarra y para las voces), es decir, se agrupan todas las tomas de un instrumento. Otro criterio podría ser el de agrupar pistas por pasajes dentro de una canción para realizar procesados distintos con el fin de aportar cambios sonoros a cambios propios de la canción. Por ejemplo, si la canción tiene un pasaje intermedio donde se utilizan unas guitarras con distinto sonido, se podría realizar un grupo para las guitarras normales y otro para las guitarras del pasaje, y de ese modo realizar ajustes distintos a cada grupo (este criterio se ha utilizado en el proyecto para agrupar las guitarras de un pasaje intermedio o puente que tiene la canción).

En los siguientes apartados se mostrará el resumen de grupos utilizados en este proyecto y los procesos que se han aplicado a cada uno.

7.2.3.1 Grupo Batería

Antes de insertar ningún procesador en el grupo se ha realizado un balance de volúmenes para que los niveles de cada elemento de la batería guarden relación. También se ha realizado un balance de panorama, lo que significa que algunos elementos envían más nivel de señal a un lado del grupo que al otro (se trata de un grupo estéreo, canal izquierdo y canal derecho). Por ejemplo, la pista del plato *ride* está asignada más al lado izquierdo del grupo (80%-20%), y el *crash* todo lo contrario (podiera parecer exagerado el balance, pero hay que contar con que la pista de *ride* recoge sonido de *crash* y viceversa). Además, son varios los elementos que cuentan con dos pistas (bombo, caja y tom base), por lo que es necesario realizar un balance de niveles entre esas dos pistas para obtener el sonido global del elemento. Por ejemplo, para el bombo se ha usado como pista principal aquella que es recogida con el micrófono dinámico, y la pista del micrófono de condensador se ha usado para reforzar la primera y añadir mayor resolución en frecuencias medio agudas. Lo mismo pasa con el tom base. Por otra parte, para la caja, no es exactamente una la pista principal y otra la pista de refuerzo ya que cada una recoge un sonido concreto de la caja, el parche y el bordón. Por lo tanto, el balance realizado busca conseguir el sonido natural de parche y bordón que se oye en la realidad, o el que se desearía oír.

A continuación, en la figura 7.18, se muestran los procesadores utilizados en el grupo donde convergen todas las pistas de batería: un compresor estéreo multibanda **C4** de *Waves*, un compresor estéreo **RComp** de *Waves*, el maximizador **Oxford Inflator** de *Sonnox Oxford* y un compresor estéreo multibanda con ecualizadores shelving y emulación de saturación de cinta **PSP Vintage Warmer**.



Figura 7.18: Procesado del grupo de pistas de Batería

El compresor *C4* y el *RComp* son utilizados uno después del otro para controlar la dinámica de la batería y compactar el sonido general de la misma. Se utilizan con moderación, obteniendo ganancias de reducción de entre 0 y -6 dB, con tiempos de ataque lentos y de relajación rápidos, de modo que la compresión sea suave.

Posteriormente se ha introducido el maximizador para aumentar la sonoridad del grupo de batería.

Por último, se ha insertado el plugin *PSP Vintage Warmer*, que es un compresor multibanda y emulación de saturación de cinta. El ecualizador no se ha utilizado y la compresión es suave, menor a -3 dB. Se le ha dado cierta saturación al grupo para mezclar mejor con las guitarras que llevan mucha distorsión y aumentar la sonoridad de la batería.

7.2.3.2 Grupo Bajo

Antes de procesar el grupo formado por las pistas de bajo, ha sido necesario realizar un balance de las tres pistas que se tienen (la pista del sonido directo se ha descartado) ya que variaciones en la cantidad de señal de cada pista dan un sonido global diferente. Además, se ha tenido que invertir la fase de la pista correspondiente a la señal de bajo procedente del amplificador *Ashdown* porque producía cancelaciones de fase al sumarse a las otras dos pistas. La configuración usada ha sido utilizando la pista del amplificador como sonido principal por su riqueza frecuencial y nitidez, reforzando con las otras dos pistas. El micrófono AKG D112 le añade presencia en graves y peso, mientras que con el Shure SM 57 se obtiene frecuencias medio-graves que aumentan la sonoridad y se mezcla mejor con las guitarras.



Figura 7.19: Procesado del grupo de pistas de Bajo

En la figura 7.19 aparecen los procesadores que se han aplicado al grupo del bajo. Se ha utilizado un compresor estéreo **API-2500** y un ecualizador estéreo **API-550B**. El compresor es utilizado para reducir los picos producidos en momentos esporádicos de la canción. Para ello se aplica una relación de compresión de 6:1 con un tiempo de ataque rápido, lo que implica compresión agresiva, pero ajustando el umbral elevado para que sólo lo superen esos picos de señal que se desean reducir.

Por su parte, el ecualizador se ha utilizado para aumentar la sonoridad del bajo enfatizando las frecuencias medias, ya que se trata una composición musical pequeña (sólo una guitarra y un bajo de instrumentos melódicos) y hay que conseguir obtener mucha presencia en ambos para que no se quede el grupo sonoramente pequeño.

7.2.3.3 Grupo Guitarra

Para conseguir el grupo de guitarra se ha realizado primero un balance por toma, ya que cada toma de guitarra se grabó con dos micrófonos. A este balance entre las dos pistas de guitarra en una misma toma se le puede llamar *subgrupo*. Y posteriormente, como se han grabado dos tomas de guitarra para hacerlas sonar todas juntas, el balance hay que realizarlo entre los dos *subgrupos*. Para cada *subgrupo* formado por dos pistas, correspondientes a los dos micrófonos, uno en eje con el diafragma del amplificador y otro fuera de eje 45°, se ha utilizado la pista en eje como sonido principal de guitarra, y la pista fuera de eje como apoyo sonoro a -6 dB respecto a la pista en eje. Con ello se consigue la contundencia del micrófono en eje y sonoridad proporcionada por el micrófono fuera de eje.

Una vez elegidos los niveles de cada pista que conforman ambos *subgrupos*, se puede realizar el balance entre ellos. Cada uno de los *subgrupos* se ha dirigido más a un

lado del grupo estéreo que al otro (85%-15%), y se han asignado los niveles de señal para notar la misma presencia de guitarra en un lado del grupo y en otro.



Figura 7.20: Procesado del grupo de pistas de Guitarra

La figura 7.20 muestra los procesadores utilizados en el grupo formado por las pistas de guitarra. Tiene dos, un compresor estéreo **RComp** de la marca *Waves* y un ecualizador estéreo **API-550B**.

La señal de guitarra tiene poca dinámica, por lo que el compresor se usa para ganar en sonoridad, presencia e inteligibilidad. Se trata de una compresión moderada con un *ratio* pequeño y tiempo de ataque lento. El tiempo de relajación es rápido. El umbral de compresión se ha ajustado para que la ganancia de reducción no supere los 6 dB.

En la ecualización se ha buscado enfatizar ciertas frecuencias para conseguir resultados determinados: en 200 y 500 Hz para ganar en graves y contundencia, en 3 kHz para ganar en inteligibilidad y en 10 kHz para obtener presencia.

7.2.3.4 Grupo Guitarra Puente

Aparte del grupo de guitarras principal, se ha utilizado otro grupo para procesar las pistas de guitarra grabadas para un pasaje concreto de la canción. Se busca conseguir un sonido distinto para enriquecer la producción de esta canción.

En la figura 7.21 se ven los procesadores utilizados. En esta ocasión se ha contado con un compresor **API-2500** y un *plugin* nativo de Cubase llamado **Stereo Enhancer**.



Figura 7.21: Procesado del segundo grupo de pistas de Guitarra

A estas guitarras se les ha realizado una compresión para ganar en inteligibilidad y densidad de sonido, para luego aplicar el *plugin Stereo Enhancer*. Con él se consigue expandir su amplitud y profundidad estéreo generando una sensación envolvente.

7.2.3.5 Grupo Voces

A continuación se muestran los procesos realizados al grupo formado por las pistas de voz. Se ha insertado un ecualizador **apEQ**, dos compresores, uno estéreo, el **RComp** de Waves, y otro multibanda, el **C4** de Waves, y por último un maximizador, el Oxford Inflator de *Sonnox Oxford*.

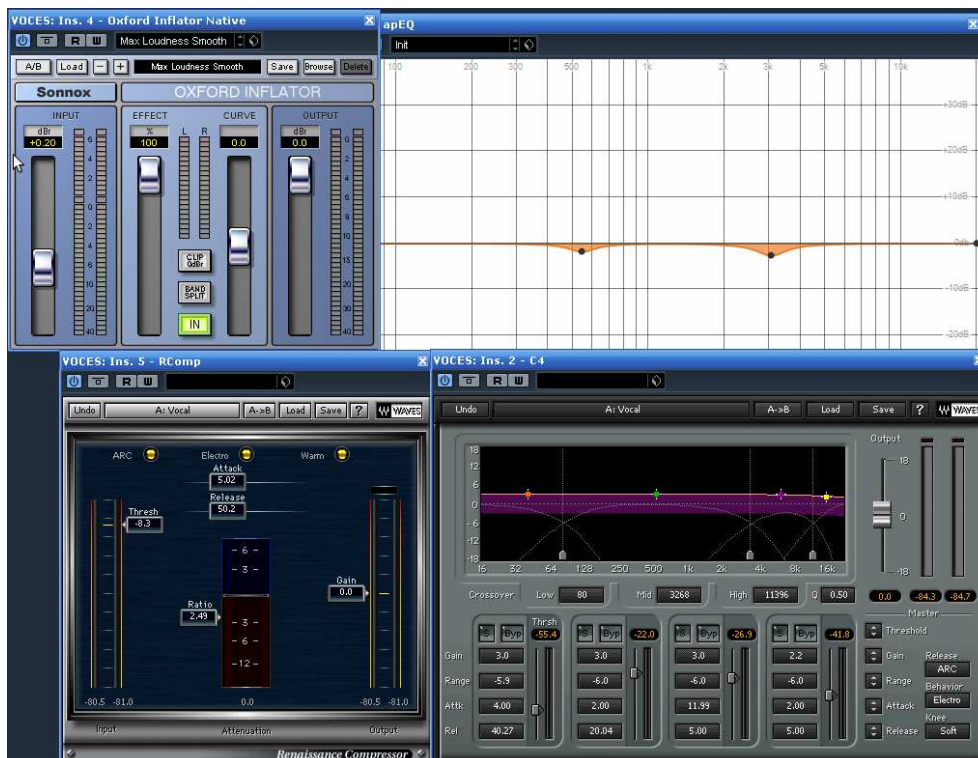


Figura 7.22: Procesado del grupo de pistas de Voz

El ecualizador se ha utilizado para suavizar dos bandas de frecuencias (con frecuencias centrales en 550 Hz y 3 kHz) para mezclar mejor con el resto de instrumentos.

Posteriormente se ha realizado una doble compresión en cascada con el fin de reducir la dinámica de las voces que es muy grande y ya se ha visto como se hacía lo mismo en los canales individuales, y ahora de nuevo en el grupo. Pueden parecer muchos compresores en cascada, pero es la manera de reducir una voz con mucha dinámica a un estéreo de voz con escasa dinámica. La canción no pide tener mucha dinámica y si pide control de ella para ganar en presión e inteligibilidad. Se trata de compresiones suaves ya que la compresión agresiva se realizó individualmente.

Por último, se ha introducido un maximizador para ganar en sonoridad y tener la presión y presencia deseada de las voces dentro del resto de instrumentos.

7.2.4 Efectos

Una parte muy importante del proceso de mezcla consiste en la inserción de efectos a partir de procesadores de efectos. Con ellos se consigue realmente mezclar todos los instrumentos añadiendo coherencia a las señales de unos y otros. La manera de usar los efectos será la estándar, haciendo uso de envíos auxiliares. Gracias a ello, muchas pistas tendrán parte de su señal procesada por el mismo procesador de efectos, lo que implica que guardarán una relación directa y será mayor el empaste entre unas pistas y otras.

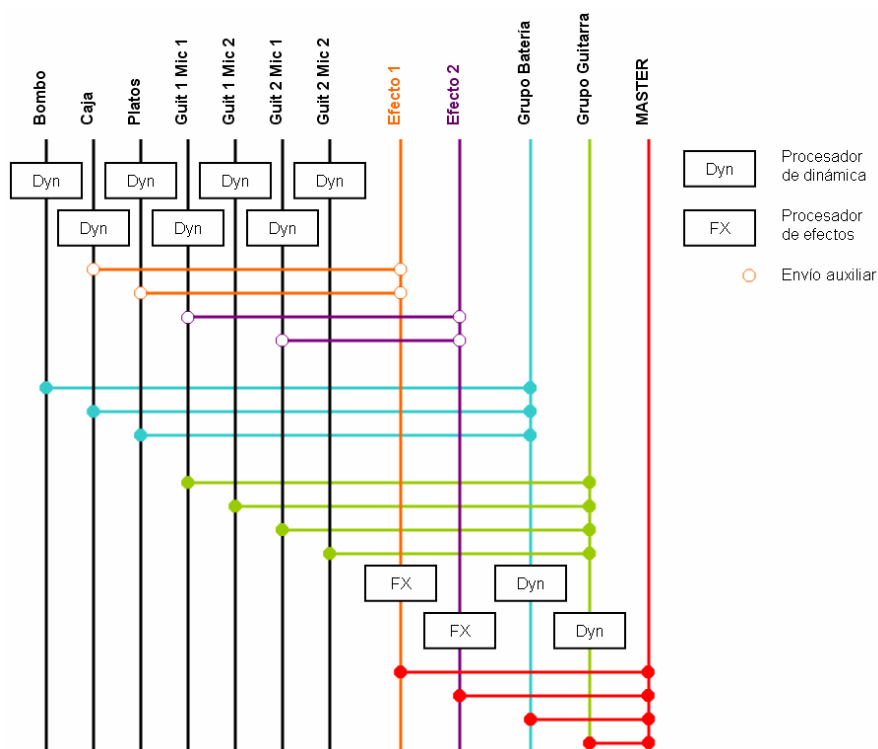


Figura 7.23: Diagrama de buses de un proyecto multipista con grupos y envío a efectos

En la figura 7.23 se ve la distribución de buses y efectos haciendo uso de envíos auxiliares. Los envíos auxiliares son copias de la señal que circula por un bus lógico con un potenciómetro asignado para ajustar el nivel de señal que se quiere enviar al procesador de efectos. Se diferencian de los envíos a grupos en que el grupo no copia la señal sino que la direcciona a un canal de grupo.

Los envíos auxiliares se utilizan porque con ellos obtenemos la señal directa más un porcentaje de señal procesada por el procesador de efectos, simulando la realidad. Por ejemplo, si tenemos una sala reverberante, se oye señal directa más señal reverberante, por lo general en menor medida. Se podría sustituir esta configuración por un procesador insertado en el canal como si fuera un procesador de dinámica, y ajustando un parámetro que suelen traer estos *plugins* de efectos que controla el balance entre señal sin procesar y señal procesada (*dry/wet*). Pero esto conlleva dos grandes problemas: el primero es que estamos perdiendo señal directa en pro de la señal procesada, por lo que habría que jugar con los niveles y con el parámetro de balance para controlar bien la cantidad de efecto que se desea. El segundo problema, y más grave, es que el efecto sólo se aplicaría al canal donde se inserta el *plugin*, lo que implicaría tener que insertar el *plugin* en todos los canales que se desee, suponiendo mayor complejidad y menor rendimiento del sistema DAW. Por lo tanto, en este proyecto se ha utilizado los envíos auxiliares para aplicar los efectos porque, además, varias pistas necesitarán disponer de la misma configuración de efecto. Por ejemplo, si se programa una reverberación simulando la sala donde estarían tocando los componentes del grupo, todos los componentes tendrían que verse afectados por la misma configuración de reverberación, por lo que basta con utilizar un procesador de efectos para tal caso.

A continuación se describirán los procesadores de efectos que se han utilizado en este proyecto, los motivos, las pistas a las que afectan y la configuración utilizada.

7.2.4.1 Reverberación - Altiverb 5

Se ha utilizado un procesador de reverberación principal para todas las pistas. El motivo es situar todas las pistas grabadas en un contexto sonoro para dar coherencia a la mezcla. Además, aportará realismo y amplitud a los sonidos dado que se han grabado con microfonía cercana y la mayoría carece de sonido reverberante, grabándose tan sólo el sonido directo.

El procesador utilizado para esta labor es un *plugin* de la marca *Audio Ease* denominado **Altiverb 5**. Este procesador es muy conocido y se caracteriza por su naturalidad y alto nivel de calidad. No obstante, se trata de un procesador con alto consumo de recursos, pero por su calidad compensa su uso. Esta reverberación se consigue mediante convolución, a partir de respuestas al impulso pregrabadas y obtenidas de la propia librería que ofrece la marca, que es muy extensa. Esta librería contiene respuestas a impulsos de lugares conocidos como puede ser un teatro en concreto, una iglesia o una sala de conciertos y luego tiene otros impulsos cuya descripción es general, no interesando el lugar exacto de la grabación de dicha respuesta al impulso a partir del cual se obtiene el sonido reverberante (también se podría usar un impulso grabado por uno mismo en un sitio en concreto y realizar la simulación como si el sonido hubiera sido recogido en ese lugar).

Para este proyecto se ha utilizado una respuesta al impulso grabada en la sala de conciertos *Mechanic Hall*, en Worcester, USA. Se trata de una sala acústicamente muy cuidada y es conocida por su sonido de gran calidad y belleza. La sala es de 36.1 x 24.2 metros. La reverberación es estéreo ya que el impulso fue reproducido con dos altavoces separados 10 metros y grabado por dos micrófonos separados otros 10 metros. El tiempo de reverberación es de aproximadamente 5 segundos.

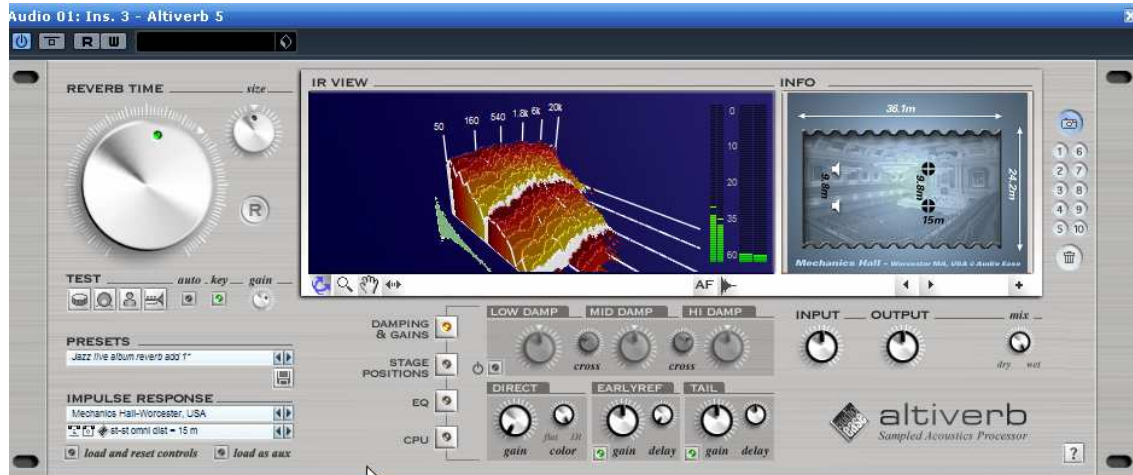


Figura 7.24: Procesador de efectos Altiverb 5 de Audio Ease – reverberación por convolución

En la figura 7.24 se muestra la interfaz de este procesador con la configuración para este proyecto. Se puede ver un plano de la sala y un diagrama con la respuesta al impulso de la sala en función de la frecuencia. Aparte de poder elegir la respuesta al impulso desde la que se construye la reverberación, tiene distintas opciones y parámetros para modificar el sonido producido: se puede modificar el tiempo de reverberación, el tamaño de la sala, aplicar ecualización, ganancia general, modificar cómo responde la reverberación a distintas frecuencias, la distancia y nivel de las primeras reflexiones y el sonido reverberante, etc.

Mediante envíos auxiliares, se ha enviado señal de casi todas las pistas ya que se quieren contextualizar todos los sonidos. Pero unas pistas enviarán más cantidad de señal que otras, por lo que el sonido procesado a la salida del efecto tendrá más señal de unas pistas que de otras. Las pistas que envían menos señal son las que tienen sonidos más graves, como puede ser el bajo o el bombo. El motivo de ello es que el efecto de reverberación aplicado a sonidos graves hace que se pierda definición en ellos y genera mucha señal confusa ensuciando la mezcla. Por el contrario, hay pistas que soportan altos niveles de reverberación sin que por ello resulte incómodo. Es el caso de las voces o elementos percusivos no graves. Estas pistas serán las que más nivel de señal envíen al procesador.

Como conclusión, este es el efecto más importante que se aplicará a la mezcla, y por ello se ha utilizado el mejor procesador. Con él se sitúan todos los instrumentos espacialmente y así se pierde el sonido individualizado característico de las grabaciones multipista.

7.2.4.2 Reverberación – RVerb

Es común en el proceso de mezcla utilizar más de un procesador de reverberación. Pero su uso no tiene por qué ser el mismo para todos estos efectos reverberantes ya que aparte de conseguir una definición espacial con los procesadores de reverberación, se pueden conseguir efectos más llamativos o más concretos. En este proyecto se ha utilizado el procesador *Altiverb* para realizar la simulación de sala de todos los instrumentos, pero además se ha incluido un procesador de reverberación algorítmico para la batería. El motivo es generar más densidad de sonido en los elementos percusivos que tiene la batería y ganar en presencia, además de servir como elemento estético ya que genera un sonido con más carácter.



Figura 7.25: Procesador de efectos RVerb de Waves – reverberación algorítmica

En la figura 7.25 se muestra el procesador utilizado: **RVerb** de *Waves*. Este procesador consiste en una reverberación algorítmica, lo que significa que no utiliza respuestas a impulsos para fabricar el sonido reverberante, sino que se hace artificialmente y matemáticamente mediante una programación de retardos. Básicamente modifica y retarda la señal original hasta conseguir algo parecido a sonido reverberante. Según el procesador usado se pueden conseguir efectos de reverberación muy buenos, pero nunca llegando a una reverberación por convolución. Por otra parte, estos procesadores consumen muchos menos recursos del sistema.

Para este proyecto se ha utilizado una reverberación tipo “plate”, muy típica aplicada en baterías, con un tiempo de reverberación corto, de 1 segundo, para notar no tanto la reverberación y sí un aumento de densidad sonora debido a las reflexiones cercanas. Además se ha ajustado manualmente el tiempo y nivel de las primeras reflexiones y del sonido reverberante para conseguir el efecto deseado.

7.2.4.3 Compresión Paralela - API-2500 + Stereo Enhancer

Un efecto muy útil para ganar en inteligibilidad, presión y densidad de sonido es el conocido como **compresión paralela**. Este efecto es muy usado en instrumentos percusivos como una batería, o en voces.

El efecto se consigue haciendo uso de envíos auxiliares y con un compresor. Para este proyecto se ha realizado compresión paralela en el grupo formado por las pistas de batería. Mediante un envío auxiliar *prefader* en el grupo de batería se ha diseccionado la señal al 100% de su nivel hasta un bus donde se ha insertado un

compresor **API-2500** y se ha realizado una compresión completamente agresiva, con una ganancia de reducción superior a los 20 dB, conseguida con una relación de compresión grande (10:1) y apretando mucho el umbral de compresión para que toda la señal esté siempre comprimida. Se utiliza un tiempo de ataque muy corto para eliminar los transitorios y el tiempo de relajación es lento.

Con esta configuración se debería tener una señal con una dinámica muy pequeña, un sonido carente de transitorios pero con densidad en platos y las colas de los golpes. Ahora faltaría ajustar el nivel del efecto que se añade al sonido directo, subiendo el volumen general del efecto hasta que la suma de ambas señales (sonido directo y sonido procesado) sea la deseada (de ahí viene el nombre de compresión paralela, ya que no se comprime la señal directa si no una copia de la misma).

Al compresor que produce el efecto de compresión paralela se le ha añadido en cascada otro procesador, el **Stereo Enhancer** de Cubase. El motivo es intensificar el sonido estéreo de la batería aplicando dicho procesador al sonido procesado por el compresor. Se consigue un sonido más enriquecido en una escucha estéreo.

En la siguiente figura (7.26) se puede ver la configuración de ambos procesadores.



Figura 7.26: Compresión paralela y más estéreo con API-2500 (Waves) y Stere Enhancer (Cubase)

7.2.4.4 Delay

Además de la reverberación, es habitual utilizar procesadores de retardo o *delays* en pistas como las voces o algunos elementos percusivos. Aplicándolos con criterio y ajustando correctamente los parámetros (por ejemplo, ajustando los retardos al *tempo* de la canción o aplicando retardos concretos), se puede conseguir efectos agradables y un sonido más complejo.



Figura 7.27: Procesador de retardo MonoDelay de Cubase

En este proyecto se ha utilizado un procesador de retardo o *delay* denominado **MonoDelay** de Cubase (figura 7.27). Se ha utilizado para la voz con el fin de generar retardos apenas imperceptibles pero con los que se consigue un sonido más destacado y dulce en la voz. Se ha ajustado el tiempo a 325 ms y un *feedback* muy pequeño de modo que sólo haya dos o tres repeticiones. Este *plugin* cuenta además con sendos filtros paso alto y paso bajo. Se han ajustado para que no haya atenuación en la banda de frecuencias medias, eliminando el resto para así no ensuciar la mezcla.

7.2.4.5 Flanger

Otro procesador de efectos muy utilizado en guitarras es el Flanger. En esta ocasión, se ha utilizado un *plugin* de Cubase para procesar la señal de guitarra y añadirlo a la señal directa. La configuración utilizada se muestra la figura 7.28.

Con este efecto se busca añadir densidad, profundidad y amplitud al sonido de guitarra. Se ha ajustado una modulación lenta, y se ha añadido poco efecto porque si se abusa se consigue un sonido oscilante que no se desea. Se le ha aplicado también un filtro paso banda para frecuencias medias y medio-agudas con el fin de ensuciar poco la mezcla.



Figura 7.28: Procesador de retardo Flanger de Cubase

7.2.4.6 Distorsión - Amplitube2 + apEQ

Por último, se ha añadido otro efecto a la mezcla, en concreto a las voces y al bajo. Se trata de una distorsión con el fin de añadir agresividad y densidad de frecuencias a la señal de voz, y generar cierta granularidad a la señal de bajo. Además, se consigue mezclar mejor con las guitarras ya que también están muy distorsionadas. Es una distorsión sutil y se añade poca señal procesada a la original, pero lo suficiente para ganar en presencia y dureza. Este efecto se ha utilizado debido al carácter propio de la canción, ya que las voces se quedaban demasiado pequeñas y dulces para el carácter del resto de instrumentación.

El procesador utilizado para esta labor es el **Amplitube 2**, que originalmente se utiliza para procesar guitarras, ya que se trata de un simulador de amplificadores, pero en esta ocasión la finalidad es distinta y sirve igualmente. De esta manera se puede ver que no hay normas preestablecidas y se pueden utilizar las distintas herramientas de las que se dispone para cualquier objetivo que se desee siempre. Además, a este procesador se le ha añadido en cascada un ecualizador **apEQ** para tener más control del efecto.



Figura 7.29: Procesador de distorsión Amplitube 2 y ecualizador apEQ

En la figura 7.29 se muestra la configuración de ambos procesadores. En el procesador *Amplitube* se ha utilizado un amplificador de guitarra para conseguir la distorsión. Se trata de una distorsión moderada ya que el propio modelo del amplificador y la ganancia que se ha seleccionado es relativamente baja. El amplificador además cuenta con una ecualización simple en tres bandas y un control de presencia que viene a ser un ecualizador pasivo que enfatiza más o menos las frecuencias medio-agudas. También se puede añadir una reverberación “*Spring*”, que viene a imitar una reverberación a muelles, muy típica en amplificadores de guitarras.

Por su parte, se ha utilizado el ecualizador *apEQ* para recortar en graves, reduciendo las frecuencias medio graves y agudas a partir de 4.5 kHz, y de ese modo ensuciar menos la mezcla.

7.3 El Proceso de Automatización

Hasta ahora, se puede resumir el proceso de mezcla en los siguientes pasos:

1. Se ha realizado un proceso de edición haciendo uso de las herramientas del secuenciador.
2. Se han insertado los procesadores de dinámica oportunos en las pistas que lo necesitaran.
3. Se ha hecho una asignación a grupos para trabajar con diferentes pistas conjuntamente realizando un balance previo entre las pistas.
4. Se han insertado los procesadores de efectos que se iban a usar.
5. Se han asignado los envíos de pistas y grupos a los efectos.
6. Se ha realizado un balance de volúmenes de las diferentes pistas y grupos de modo que el sonido global de toda la mezcla sea el deseado y el nivel de señal no supere en ningún momento los 0 dBFS.

Hecho todo esto, es muy común que se de el caso en que para diferentes partes de una canción guste más una configuración de mezcla que otra, entendiéndose por configuración de mezcla todo ajuste o parámetro que cambiado produzca una mezcla diferente, lo que implica sonido diferente. También puede suceder que artísticamente se desee generar un efecto sonoro que no sea constante, y sólo se pueda conseguir sincronizando diferentes ajustes de procesadores y parámetros del secuenciador a diferentes instantes de tiempo de una canción (sonidos que se mueven en el estéreo sonoro y varían su señal entre un canal y otro de la salida estéreo, variaciones de volumen de uno o más instrumentos, retardos o reverberaciones que cambian de nivel, suenan o dejan de sonar, etc.). Para solucionar estas casuísticas y que la configuración de la mezcla sea la deseada en todo instante de tiempo se utiliza el **Proceso de Automatización**.

El proceso de automatización consiste en programar cualquier tipo de cambio en los parámetros del secuenciador o de algún procesador o *plugin* de modo que no sean constantes en toda la canción y se modifiquen automáticamente en el instante de tiempo deseado.

Automatizaciones típicas en un proceso de mezcla suelen ser:

- Variaciones del nivel de señal de una pista, grupo o efecto.
- Variaciones en el control de panorama de una pista, grupo o efecto.
- Variaciones en algún parámetro de un procesador de dinámica.
- Añadir o quitar un procesador de dinámica.
- Variaciones en los niveles de envío a efectos.

Por tanto, el secuenciador provee de las herramientas necesarias para realizar el proceso de automatización, y con ellas se consigue obtener el sonido deseado en todo instante de tiempo. En la figura 7.30 se muestra cómo el secuenciador Cubase gestiona la automatización y cómo se programa dentro de un proyecto.

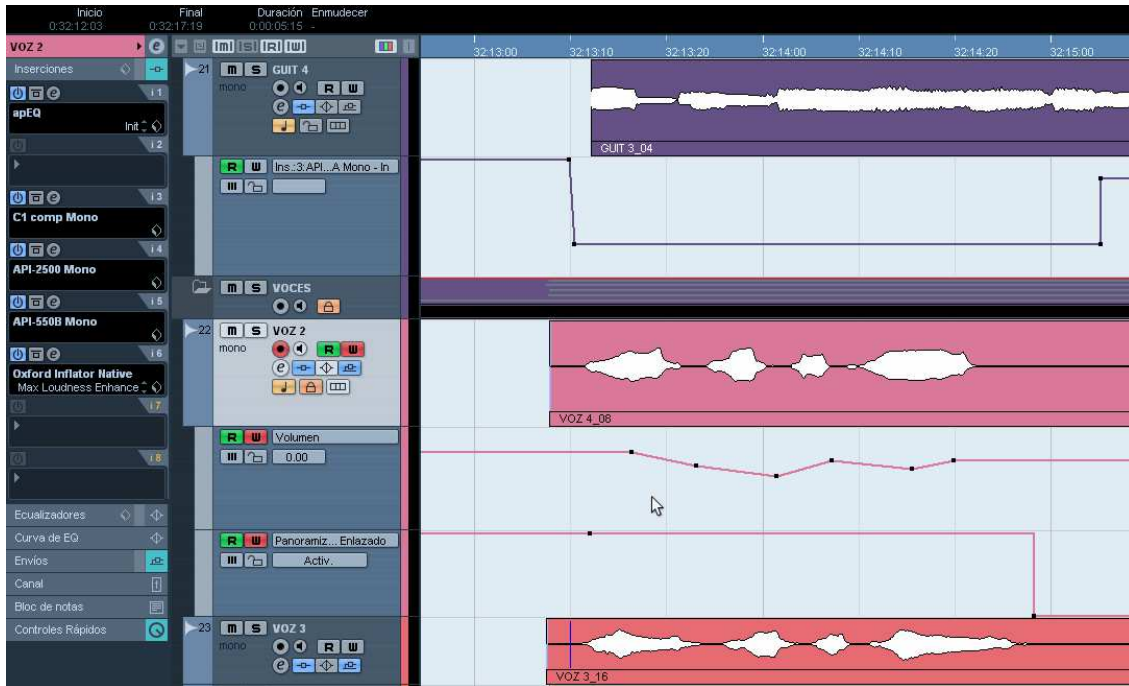


Figura 7.30: Ejemplo de automatización en Cubase

Mediante diagramas se programan los cambios de diferentes parámetros en cada instante de la canción. Ajustado todo a un código de tiempo (clips de audio y automatizaciones), se suceden las modificaciones sincronizadamente.

7.4 Exportar la Mezcla

Una vez que se ha conseguido obtener el sonido deseado en cada instante de tiempo y que el nivel de señal general de la mezcla (suma de todas las señales habidas en el proyecto en cada instante de tiempo) tiene un nivel adecuado sin llegar a saturar en ningún momento (cercano a 0 dbFS, dejando un margen para trabajar la masterización) se procede a exportar la mezcla a un archivo, por lo general estéreo.

El archivo que se exporta tiene la misma resolución con la que se estaba trabajando en el proyecto, para este caso 24 bits y 48 kHz. Ese archivo será el que se utilice para el realizar último paso del proceso de producción musical, la Masterización.

8. El Proceso de Masterización

En el último lugar del proceso de producción musical se encuentra el **Proceso de Masterización**. Se cuenta con un archivo de audio estéreo que contiene todo el sonido obtenido tras el **Proceso de Mezcla**.

El proceso de masterización aplicado para este proyecto ha sido un proceso simple en comparación con el resto de procesos realizados en el proyecto de producción musical. También es menos complejo que el proceso de masterización que se realizaría en un estudio de masterización profesional. Existen diferentes motivos por los que no se ha abordado el proceso de masterización en toda su complejidad. El primero de todos es por los medios con los que se dispone. Sin duda, los equipos estandarizados y que se pueden encontrar en los estudios de masterización existentes son equipos de muy alta gama, y por supuesto, muy caros. Además, cualquier estudio de masterización profesional que se precie debería contar con una infraestructura dedicada y muy cuidada. Y para este proyecto no se ha contado ni con esos equipos ni con esa infraestructura. Por el contrario, se ha realizado una masterización más orientada a un sistema DAW como el que se está utilizando y dada las condiciones de escucha con las que se ha trabajado.

En realidad, en este proyecto se ha aplicado la misma filosofía que para cualquier estudio de masterización si se entiende el proceso de masterización como un proceso en el que se busca conseguir la señal más apta para el consumo generalizado. La producción musical es susceptible de reproducirse en infinidad de equipos diferentes, y es necesario garantizar que será la correcta y tendrá la calidad esperada. Además, debe ajustarse a unos estándares de nivel de señal y calidad, más aún si se pretende reproducir junto a diferentes producciones hechas con otros equipos por otras personas. Se buscará que tenga un nivel de señal alto, que no distorsione, que muestre cierta dinámica, que tenga un balance frecuencial lógico, etc.

Anexo a este documento se incluye un archivo (*/Archivos de audio/Canción Masterizada.wav*) con el resultado obtenido tras el proceso de masterización.

A continuación se explicará en qué ha consistido el proceso de masterización para este proyecto (los procesos realizados, los procesadores y las técnicas utilizadas).

8.1 Preparar el Proyecto

Para la realización de este proceso de masterización se ha utilizado de nuevo el secuenciador Cubase. Es común utilizar editores de audio, que vienen a ser algo parecido a un secuenciador pero trabajan sólo con una pista (ya sea mono, estéreo u otras). De haberse usado esa opción se tendría que escoger un editor de audio que soportara procesamiento por VST ya que se van a utilizar procesadores de software basados en VST (*plugins*), pero para el caso se ha preferido seguir usando Cubase ya que perfectamente se puede realizar el proceso de masterización con este secuenciador.

Se ha creado un nuevo proyecto y ajustado la resolución a las características del archivo de audio con el que se va a trabajar. Para este caso es 24 bits por muestra para un total de 48.000 muestras por segundo. Hay quien utiliza mayores resoluciones de palabra para que los *plugins* trabajen con un rango dinámico superior. En esta ocasión

no se ha utilizado ya que no se apreciaría apenas diferencia en el resultado final. Se ha intentado ser coherente en los métodos de trabajo acorde a los medios que se disponen. Alcanzar esos niveles de calidad tienen sentido en un entorno adecuado a tal uso.

Lo primero que se ha realizado es una importación del archivo de audio conseguido al final de mezcla. Este archivo de audio, suma de todas las pistas grabadas y mezcladas, tiene la apariencia que se muestra en la figura 8.1.

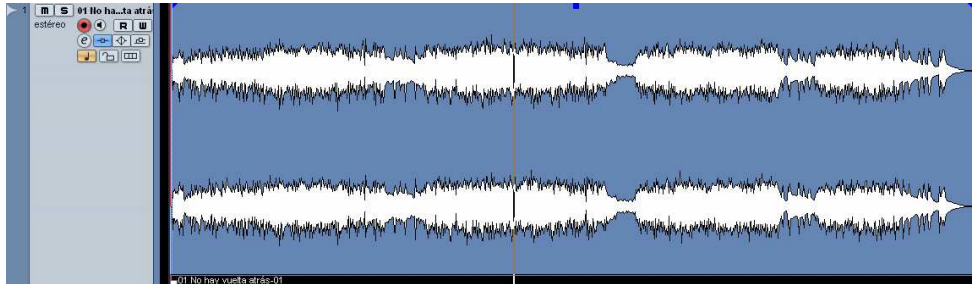


Figura 8.1: Archivo de audio estéreo correspondiente a la mezcla final

Es interesante fijarse en el resultado obtenido en la mezcla, observar gráficamente como evoluciona la dinámica de la señal y reconocer las distintas partes de la canción. Con el tiempo, el ingeniero de sonido se familiariza con estas representaciones de los archivos de audio y puede identificar problemas rápidamente. Es importante que no se vea ninguna irregularidad ni pequeños transitorios, ondas recortadas, variaciones de dinámica incoherentes, etc.

8.2 Procesado de la mezcla

Este es el paso más importante del proceso de masterización. Es el momento de insertar los procesadores (por lo general de dinámica) que se vayan a utilizar para mejorar el sonido final del producto sonoro que se está desarrollando. En la figura 8.2 se muestran los procesadores utilizados en este proyecto.



Figura 8.2: Procesadores utilizados en el Proceso de Masterización

Empezando por arriba y de izquierda a derecha, los procesadores son los siguientes: limitador y maximizador **L2** de *Waves*, ecualizador paramétrico de 10 bandas **Q10** de *Waves*, monitorizador de señal **Inspector** de *Roger Nichols* y compresor multibanda **LinMB** de *Waves*.

El orden en que se han insertado es: *Q10*, *LinMB*, *L2* e *Inspector*. Se trata de una cadena de procesos muy común para masterización en un sistema DAW. Puede que no con las mismas marcas de *plugin*, o cambiando/insertando algún otro, pero si viene a ser una cadena de procesos muy clásica.

Con el ecualizador (*Q10* de *Waves*) se consigue tratar frecuencialmente todo el audio completo de la producción en aquellas frecuencias o bandas de frecuencias que lo necesiten. En principio no se busca corregir problemas de la mezcla, que de haberlos, lo correcto sería resolverlo en el proceso de mezcla si fuera posible (en este caso la misma persona realiza el proceso de mezcla y el de masterización, pero no tiene por qué ser así). En esta ocasión, el ecualizador se ha utilizado para preparar el audio antes de ser tratado por el resto de procesadores, ya que dichos procesadores pueden enfatizar ciertas frecuencias que no se desea, y reduciendo la ganancia de dichas frecuencias previo al procesado, se consigue tener a la salida el nivel la señal deseada.

En este caso se ha reducido ligeramente las frecuencias más agudas de la mezcla ya que este tipo de masterización (por los procesos que se van a realizar) tiende a obtener resultados finales con excesiva presencia en las frecuencias agudas.

Se ha utilizado también un compresor multibanda (*LinMB* de *Waves*). Este tipo de compresores se utilizan habitualmente en los procesos de masterización porque sirve para tratar señales complejas, con nivel de señal relevante en un rango amplio de frecuencias, y diferentes instrumentos sonando a la vez. Con este compresor se puede dividir el audio en distintas bandas de frecuencia (4 en este caso) y aplicar compresión a cada una seleccionando los parámetros oportunos. Se puede utilizar para dar más presencia a la voz dentro de la mezcla, tener más controlados los agudos, empastar los graves con el resto de la mezcla, etc. Han de utilizarse configuraciones suaves, nada agresivas. Hay que tener en cuenta que estamos dentro del proceso de masterización y únicamente se quiere mejorar el sonido, no cambiarlo.

Por lo general, cualquier cambio brusco en el sonido debería realizarse en el proceso de mezcla, ya que ahí se tiene más control sobre todo el audio. Se buscan compresiones suaves, con ganancia de reducción menor a 4 dB. Las relaciones de compresión también deberían ser moderadas o bajas. En este caso se ha elegido una relación de compresión de 5:1, pero al tratar con tiempos de ataque y relajación largos, y sin reducir mucho el umbral, la compresión resulta suave pero compacta, de modo que se consigue mejor sonido global de la mezcla. Se ha ajustado también una ganancia de salida para las bandas más agudas y así suavizar este rango y que no se vaya acumulando exceso de agudos proceso tras proceso.

Posteriormente, como último proceso, se aplica un limitador-maximizador (*L2* de *Waves*). Este proceso realiza básicamente un aumento del nivel de señal evitando saturación. Se selecciona el umbral del limitador, por lo general próximo al nivel de 0 dBFS (en este caso -0.2 dB) y se empieza a reducir el umbral del maximizador de modo que la señal empiece a aumentar su nivel sin que a la salida se supere en ningún

momento -0.2 dBFS. Cuando lo debiera superar, se produce una ganancia de reducción, pero la señal sigue aumentando su presencia. Evidentemente, este proceso no tiene una resolución infinita y el proceso no es transparente, por lo que se produce una degradación del sonido cuanto más se maximiza. Es importante encontrar el balance entre ganancia obtenida y degradación de señal. Ganancias de reducción mayores a 6 dB suelen suponer señales demasiado degradadas. Cuanto mayor sea la presión sonora obtenida en el proceso de mezcla, menos proceso debe realizar este *plugin*, por lo que es importante obtener una buena señal al finalizar la mezcla y no esperar conseguir todo el nivel de señal final en el proceso de masterización.

Por otra parte, se utilizará también este *plugin* para reducir la longitud de palabra por muestra a 16 bits y aplicar el *dither* con la curva de ecualización deseada, ya que se puede elegir entre varias. También se aplica *noise-shaping*, por lo que se puede apreciar que este *plugin* está realmente enfocado a un proceso de masterización ya que el archivo final de audio probablemente debe cambiar su formato para producir el Máster final.

En última instancia se ha insertado un *plugin* (*Inspector*) únicamente para monitorizar ciertos valores de la señal de audio como pueden ser la resolución frecuencial, nivel RMS, picómetro, alertas de clips digitales, desfases entre L y R, etc. Este tipo de *plugins* son útiles para realizar un control general de la señal de audio y de las características de la misma, y poder encontrar errores localizados.

8.3 Proceso de edición

Una vez realizados todos los procesos y encontrado el sonido final deseado, se debe realizar una edición del archivo de audio. En dicha edición se realizarán los *fades* de entrada y de salida deseados. Se busca tener el control total de la señal de modo que empiece y termine exactamente donde se desea y que no exista ningún clic digital. Por otra parte, se ajusta el tiempo de silencio inicial y final, ya que ese tiempo es el existente desde que en un reproductor se pulsa el botón de *play* y que suena el archivo de audio, o es el tiempo que debe existir entre una canción y la siguiente en una reproducción continuada. Estas ediciones, aunque puedan parecer insignificantes, son importantes a la hora de trabajar una producción completa y generar un carácter del producto final. También se podría crear una producción formada por canciones sin pausa entre ellas o fusionadas una encima de otra. Esta configuración se realizaría en el proceso de masterización mediante procesos de edición. Otra situación típica puede ser la de aplicar algún efecto artístico al sonido completo en algún lugar concreto, como podría ser aplicar sonido de radio al principio de la canción, introducir ruido, generar efecto vinilo, etc. Estos efectos también pueden introducirse en este proceso de masterización.

8.4 Exportar el Máster

Este es el último paso del proceso total de producción. Tras este proceso se obtiene el **Máster**, el cual se utilizará para realizar las copias en la fábrica de duplicado. Este

proceso consiste únicamente en adaptar el archivo de audio a un formato estándar, como puede ser el “Audio CD”, “mp3”, “DVD”, etc.

El más común actualmente es el Audio CD, aunque es previsible que desaparezca en los próximos años. Este archivo se caracteriza por tener una longitud de palabra por muestra de 16 bits, para un total de 44.100 muestras por segundo

Una vez realizado este proceso, ha de grabarse el Máster, en este caso en un CD. Para ello se hace uso de un grabador, a ser posible profesional, en el cual, aparte de grabar el audio en el disco se puede añadir información a cada pista de audio, ya sea de la canción, título, disco, etc., o añadir datos de autor como pueden ser los códigos ISRC (*Internacional Standard Recording Code*), códigos únicos e identificativos de cada canción que, en caso de pertenecer a algún tipo de sociedad de autores, sirvan para tener un control de los lugares en que se ha reproducido y poder facturar los derechos de autor.

9. Conclusiones

9.1 Resumen

Este proyecto fin de carrera ha consistido en el estudio de los elementos de ingeniería influyentes en la grabación de una banda musical. También se ha valorado la repercusión que tienen dichos elementos sobre el resultado final obtenido. Para ello se han tenido en cuenta aquellos factores que afectan al resultado, tanto los que se pueden controlar como los que no, y se ha propuesto un guión de métodos y procedimientos para abordar un proyecto de estas características satisfactoriamente.

Se han descrito los tres procesos más importantes que componen una producción musical (grabación, mezcla y masterización), y se ha explicado los objetivos que se quieren alcanzar en cada uno de ellos.

Se ha mostrado el *hardware* y *software* necesario para realizar una producción en un sistema DAW.

Se han descrito diferentes técnicas y procesos a realizar para conseguir un determinado resultado, ya sea durante el proceso de grabación, mezcla o masterización.

En definitiva, se ha dado una visión global de cómo se realizan las producciones musicales actualmente haciendo uso de un sistema DAW.

9.2 Conclusiones

Tras la realización de este proyecto final de carrera, las conclusiones se dividirán en dos apartados:

El primer apartado contiene las conclusiones obtenidas tras realizar el caso práctico. Es decir, se analiza el resultado final obtenido tras la producción musical. Estos datos no son especialmente relevantes ya que no es el objeto final de este proyecto obtener mejor o peor resultado, sino exponer y explicar el proceso en sí mismo. No obstante, una vez realizado el trabajo, es interesante valorar el resultado obtenido en función de los factores más importantes que han afectado a la calidad del resultado, de cara a mejorar en futuras producciones o valorar alternativas a los procesos y equipos utilizados.

El segundo apartado analiza las ventajas de usar un sistema DAW para realizar una producción musical.

9.2.1 Conclusiones del caso práctico

Es difícil analizar las producciones musicales y sacar conclusiones sobre el resultado obtenido después de un proyecto de estas características, ya que analizar la calidad de un producto sonoro es un ejercicio con mucha componente subjetiva. La música se puede entender de multitud de maneras y, en muchas ocasiones, lo que a una persona le

gusta puede no gustarle a otra. Aún así, es importante valorar el trabajo obtenido intentado analizar las características del producto final objetivamente.

Hay quien podría pensar que una manera de ser objetivo con un producto es comparándolo con otros. Esto puede ser cierto siempre y cuando se comparen productos realizados con presupuestos y medios similares, y se trate de estilos comparables, ya que algunos estilos musicales son difíciles de relacionar. Por tanto, una manera de analizar el resultado es hacer balance de las condiciones en que se ha realizado el proyecto y el equipo con el que se ha contado (no se van a tener en cuenta los factores dependientes de la banda musical, ya que este proyecto atiende a la ingeniería de una producción, pero es importante indicar que la calidad musical de la banda influye mucho en el resultado final).

Infraestructura:

Este proyecto ha contado con muchas carencias en cuanto a infraestructura. No se ha dispuesto en ningún momento de una sala de grabación, de mezcla o de masterización acorde a los estándares propuestos en los fundamentos teóricos de este documento (capítulo 3). El motivo de ello ha sido el presupuesto dedicado a esta producción. Dado que no era necesario hacer uso de este tipo de salas para cumplir con el objetivo de este proyecto, se decidió prescindir de ellas, por lo que se utilizó el local de ensayo del grupo como sala de grabación y una habitación de mi casa para la mezcla y masterización, ambas salas sin el correcto tratamiento acústico que requiere un recinto dedicado a tal efecto. Como se viene explicando a lo largo de todo el proyecto, el tipo de recinto utilizado en los distintos procesos es muy importante e influye en gran medida en el resultado final, y sin duda es un factor que está presente en esta producción.

En caso de querer invertir en alguna infraestructura en concreto, se recomendaría hacerlo en la sala de grabación, ya que de ese modo se obtendrían señales de mayor calidad con las que trabajar en los procesos posteriores. Si fuera de otra manera, aún teniendo buena sala de mezcla o masterización, si la grabación no tiene la calidad necesaria, el resultado se verá muy desfavorecido.

Equipo:

Evidentemente, el equipo que se utilice en una producción influye mucho en el resultado. Existe un amplio abanico de productos en el mercado, por lo que no se ha reparado excesivamente en los elementos de *hardware* y *software* utilizados en esta producción. Tampoco se ha hecho un análisis de costes dado que no es relevante para este proyecto. Aún así, y a modo de dato, se indica que el coste total del equipo utilizado, que incluye el *hardware*, *software* e instrumentos musicales, es de aproximadamente 14.000 €, dividido en 5.000 €, 3.50 € y 5.500 € respectivamente. Esta cifra está lejos de los costes aplicados a producciones profesionales, donde fácilmente podría multiplicarse por diez o más. No obstante, con el equipo utilizado, se pueden conseguir resultados aceptables y de calidad si se consigue exprimir sus prestaciones al máximo. Además, no es razonable, aunque puede hacerse, utilizar equipos muy profesionales en infraestructuras que no lo son, y viceversa. Como se ha indicado en otros puntos del proyecto, es recomendable mantener un balance natural entre los equipos que se utilizan, y siempre teniendo en cuenta la infraestructura en la

que se desarrollarán los procesos. Puede no salir rentable elegir cierto elemento de calidad si el resto de equipos no lo acompañan ya que no desarrollará todas sus prestaciones como cabría esperar.

En el caso de que se hubiera querido invertir en algún tipo de equipo para mejorar el resultado final, sería recomendable hacerlo en los equipos más destructivos de la señal acústica, que vienen a ser los micrófonos, los previos de micrófono y los conversores D/A (o tarjeta de sonido en su defecto). Estos elementos pueden incrementar sustancialmente la calidad de una grabación ya que son los primeros en la cadena de una producción musical y, en función de sus prestaciones, se obtendrá mejor o peor “materia prima” con la que trabajar. Además, una vez en el dominio digital, los procesos son menos destructivos y, por lo general, reversibles. También es importante tener un buen sistema de monitorización o altavoces ya que serán nuestra referencia durante todo el proceso.

Por lo tanto, teniendo en cuenta todos estos aspectos, el oyente puede valorar y analizar mejor el resultado obtenido.

Anexo a este documento se incluyen cinco archivos (*/Archivos de audio/Disco Completo MP3/*.mp3*) con las cinco canciones que se grabaron para este proyecto en formato comprimido MP3.

9.2.1 Conclusiones del sistema DAW

El sistema DAW es el más extendido y usado por los ingenieros de sonido de todo el mundo y, a razón de cómo evoluciona la tecnología, seguirá siendo un referente en las producciones musicales por mucho tiempo.

Lo cierto es que actualmente se puede tener un sistema completo de grabación por relativamente poco dinero y, cuidando los procesos, se pueden obtener resultados muy satisfactorios. El sistema DAW que se ha utilizado para este proyecto es modesto y, dentro de lo profesional, de gama baja. Aún así, se ha conseguido exprimir sus prestaciones al límite ya que se ha realizado una grabación multipista compleja y se ha obtenido un proyecto profesional, contando con multitud de pistas y procesadores digitales. Esto puede darnos una idea de la capacidad que tienen los sistemas más punteros existentes en el mercado, los cuales pueden contar con ordenadores de última generación, multitud de DSPs, conversores, etc. Las posibilidades son casi infinitas.

Pero gracias al extenso mercado de productos que existe hoy en día, una persona puede elegir cuánto invertir en función de los resultados que desea obtener y los medios con los que cuente. Es cierto que se necesita tener conocimientos profundos y mucha experiencia para poder aprovechar al máximo el sistema que se utilice y, en ocasiones, se puede conseguir un resultado igual o mejor con un equipo de menos calidad. Para ello es importante tener un buen balance entre los equipos que se disponga como se ha explicado anteriormente.

Bibliografía

- [1] http://es.wikipedia.org/wiki/Historia_del_registro_del_sonido
- [2] Hector Lucci, “*El fonógrafo vs el gramófono*”. Todo Tango.com.
- [3] Strauss, Egon. Artículo publicado revista Clásica nº 113, Diciembre 1997.
- [4] Barlett, Bruce y Barlett, Jenny. “*Grabando música en vivo: Capturando la actuación en directo*”. Escuela de Cine y Video de Andoaín, 2007.
- [5] Reggae Blog.net. “*Dub: Una revolución musical, 1ª Parte*”, Marzo 2012.
- [6] Kefauver, Alan P. “*The audio recording handbook*”. A-R Editions, April 2001.
- [7] <http://es.wikipedia.org/wiki/Hornbostel-Sachs>
- [8] <http://musirock.wordpress.com/instrumentos/>
- [9] Pascual Torres, Alberich. “*Micrófonos, mirando el Sonido*”. Universidad Jaume I, Servicio de comunicación y publicaciones, 2009.
- [10] J.J.G.Roy. “*Tipos de Micrófonos*”. Revista digital Sonidoyaudio.com, Enero 2011.
- [11] D’Andrea, Gabriel. “*El arte de microfonear I*”. Taringa.net, 2012.
- [12] San Martín, Juan E. “*Técnicas de microfoneo de sala, Mezcla y Masterización II*”. Secretaría de Extensión, Facultad de Bellas Artes UNLP.
- [13] Tribaldos, Clemente. “*Sonido Profesional*”. Editorial Paraninfo, 1993.
- [14] Barlett, Bruce. “*Stereo microphone techniques*”. Focal Press, Boston, 1991.
- [15] San Martín, Juan E. “*Técnicas de microfoneo de instrumentos, Mezcla y Masterización II*”. Secretaría de Extensión, Facultad de Bellas Artes UNLP.
- [16] D’Andrea, Gabriel. El arte de microfonear II. 2012.
http://www.taringa.net/posts/ciencia-educacion/11337695/El-arte-de-microfonear_-_Parte-II_-_Bateria_.html
- [17] D’Andrea, Gabriel. “*El arte de microfonear III*”. Taringa.net, 2012.
- [18] D’Andrea, Gabriel. “*El arte de microfonear IV*”. Taringa.net, 2012.
- [19] San Martín, Juan Eugenio. “*Seminario Acústica para Salas de Grabación*”. Astor Mastering, Argentina.
- [20] Anderton, Craig. “*Entender la Reverberación*”. Audio Fanzine, Octubre 2008.

-
- [21] Sánchez, Gherman. “*Curso completo de sonido Instructivo*”. Director de la Alabanza, Julio, 2011.
- [22] “*Guía de Aplicación para Amplificadores*”, Crown Audio International. 2001.
- [23] “*Transistores vs Válvulas*”. www.Musicasa.com
- [24] Tratamiento Digital de Audio. Dpto. Teoría de la Señal Universidad Carlos III de Madrid, 3º Curso Ingeniería Técnica de Telecomunicaciones, Sonido e Imagen, 2010.
- [25] Castañón O., Héctor. “*Acústica y diseño de estudios*”. Spickatto.
- [26] Martín de la Rosa, Juan. “*Acústica de salas de control: modelos, análisis y soluciones*”, SAE Madrid, 2008.
- [27] Sanchez Bote, Jose Luis y Álvarez Fernández, Emilio. “*Transductores Electroacústicas*”. EUITT, Universidad Politécnica de Madrid, Febrero 2000.
- [28] Sanz Rodríguez-Escalona, Sergio. “*Psicoacústica*”, Universidad Carlos III de Madrid, Departamento de TSC, 2007.
- [29] Escobar, Antonio. “*Introducción a la ecualización (I)*”. Artículo mezclapro Antipop, Marzo 2011.
- [30] Medina, Jose Antonio. “*La Mezcla: Ideas Fundamentales*”. Black Waves Studios 2008
- [31] Price, Jim. “*Understanding dB*”. Professional Audio.
- [32] <http://www.doctorproaudio.com/content.php?140-puertas-ruído-noise-gates>
- [33] <http://help.apple.com/mainstage/mac/2.2/es/mainstage/logicproeffects/index.html#chapter=4%26section=4%26tasks=true>
- [34] Tana. “*Uso de la Reverb*”, Revista digital Sonidoyaudio.com, Enero 2011.
- [35] Proty. “*La reverb y otros efectos*”. Revista Hispasonic y tutoriales, 2003
- [36] http://es.wikipedia.org/wiki/Efecto_Haas
- [37] Biblioteca de ayuda web Apple, Logic Pro 9, Efectos
- [38] <http://www.sonicspace.es/Tozapping/blog/400/>
- [39] Schuller. “*Mezclas ITB vs OTB*”. Blogs Hispasonic.com, Octubre 2010.
- [40] “*La calidad de audio en los DAW*”. Hispasonic.com, Septiembre 2009

-
- [41] http://en.wikipedia.org/wiki/Signal-to-noise_ratio
- [42] <http://www.digido.com>
- [43] Katz, Bob. “*The Secret of the Mastering Engineer*”. T.C. Electronic, 1999.
- [44] Escobar, Antonio. “*Técnicas avanzadas de masterización*”. Hispasonic.com, 2002.
- [45] Cubase: <http://www.steinberg.net/en/products/cubase/start.html>
- [46] VST: http://es.wikipedia.org/wiki/Virtual_Studio_Technology
- [47] ASIO4all: <http://www.asio4all.com/>